FAULHABER

FAULHABER 运动控制器
操作手册



FAULHABER GROUP
We create motion

3564K024B CC

MCBL3003/06 C

MCDC3003/06 C

目　　录

0、关于版本、版权和免责申明

0.1、原文版本、版权和免责申明

文本版本：第二版，2006 年 7 月 1 日发行。

运动控制器（以下简称“驱动器”）固件版本：

- 无刷（MCBL）系列与 3564K024B CC：605.3150.51O；
- 有刷（MCDC）系列：605.3150.52O。

FAULHABER 集团版权所有。未经 FAULHABER 集团书面许可，对本文（包括本文所有语种的译本）内容的转载、摘录、引用和收录等行为，均有可能违反版权法。

尽管编著时几经审核，但 FAULHABER 集团并不保证本文所记载、描述的内容和通过本文内容推断出的任何结果的正确性。同时，对用户误操作而导致的所有直接和间接损失，FAULHABER 集团不承担任何责任。

本文所有关于系统安全和干扰抑制的说明，请用户遵照执行以达到理想效果。

FAULHABER 集团保留对本文内容的修改权。

0.2、中文版说明和免责申明

FAULHABER 原文不包括此章节。

本文译自 FAULHABER 集团发布的 3564K024 BCS、MCDC3003/06 S 和 MCBL3003/06S 驱动器用户手册英文版。为方便用户阅读，文中采用了不同颜色和格式的文字，其代表的意义如下：

- 红色：需要特别注意的地方。忽略红色文字的说明内容，将可能导致设备无法使用甚至损坏；
- 粉红：FAULHABER指令或FAULHABER Motion Manager 3中的菜单项、对话框等；
- 紫色：中文版添加的注释和说明等；
- 绿色：专用术语等；
- 橙色：代表驱动器端口名称；
- 浅绿底色：在文中首次出现英文缩写或专用术语，点击可跳转到附录，查看对应的详细解释说明；
- 蓝色下划线：带有超级链接，点击后可以跳转到相关内容，有可能需要访问互联网资源。

因编译者水平有限，本文的疏漏错误在所难免，因此本文内容仅供用户参考，最终说明均以 FAULHABER 的官方版本（可能是德语或英语版）为准。因引用、采信、执行本文所描述、记载和说明的任何内容而可能引起的所有不良后果，FAULHABER 集团和其中国代理商、本文编译者均不承担任何责任。

注意：您一旦参考本文内容，就意味着您完全知道、理解并且接受上述申明。

如果您对本文有任何疑问或建议，欢迎发送电子邮件到zh-jane@bjxdh.com.cn或拨打电话 010-8811 9411 进行指正，更多联系方式请参阅我们的联系信息。

1、简介

1.1、概述

本文介绍以下几款带有CANopen接口的驱动器的功能和使用方法等：

1.1.1、3564K024B CC

将直流无刷伺服电机 3564K024B、高分辨率的绝对式编码器和驱动器集成为一体。

1.1.2、MCBL3003/06 C

用于驱动控制带线性霍尔传感器（订货代码：K1155）的无刷伺服电机。无需外加编码器，即可实现高精度的速度和位置控制。

1.1.3、MCDC3003/06 C

用于控制 FAULHABER 集团的各种直流微电机。

驱动器基于高速DSP开发，可对电机执行速度和位置控制（以下分别简称“速控”与“位控”），在极低的转速下，也能保证非常高的位置精度。驱动器主要功能如下：

- 速控： PI调节器确保电机速度的实际值与目标值高度一致，调节速度时，电机扭矩波动极低；
- 曲线运动：可以实现斜线、三角形、梯形和更复杂的曲线轮廓运动，支持软启动与制动；
- 位控：零点可任意定义，对于带线性霍尔传感器的无刷伺服电机，其位置精度高达 1/3 000 圈；
- 参考信号与限位开关：运动过程中可随时捕捉和定义；
- 多种工作模式：例如步进模式、模拟电压位控模式、调压器模式、减速电机（电子齿轮）模式等不一而足，其中 MCDC3003/06 C 还具有开环速控模式、MCBL3003/06 C 还具有双闭环模式；
- 扭矩控制：通过调整电流限制值来实现；
- 参数存储：所有配置参数均可写入驱动器，不会因为断电而丢失。

各输入、输出端口的功能如下：

- 设定目标速度的信号输入端：可接收模拟电压或者PWM信号，也可作为数字信号输入端，信号源可以是频率信号发生器与增量式编码器等。
- 故障输出（集电极开路）端：也可被定义为电机旋转方向控制端、数字信号输入端、脉冲或数字信号输出端。
- 附加的数字输入端口 1~3：作为数字信号输入端，用于配置限位开关等。

各驱动器端口的详细功能说明，请参阅第 2.2 章节端口说明与安装维护。

具备CANopen接口，数据传输速率最高可达 1 兆字节每秒，接口遵从DS301 V 4.02和DSP402V 2.0行规，提供CiA关于从设备规范的如下功能与服务：

- 1 路SDO；
- 3 路PDO发送，3 路接收；
- 静态 PDO 映射；
- 带节点保护的NMT；
- 紧急对象。

波特率和节点地址可通过DSP305 V1.1 的LSS协议设置，波特率也可选择自动匹配。

另外，驱动器所有参数和功能设置，均可通过FAULHABER PDO专用通道——PDO2 轻松实现。每一个FAULHABER指令，都通过PDO2 映射成为一个CAN帧并传输。类似操作同样适用于CAN上任意节点的连续

变量。对于Windows用户，可辅助以FAULHABER Motion Manager 3 专用软件（以下简称“Motion Manager”）简化所有工作，该软件还提供系统状态和参数的实时监测功能。

1.1.4、应用领域

驱动器结构紧凑、易于连接，可轻松融入用户系统。可选的柔性连接方式，更为各领域的设计者开创了新思路。因此，驱动器在各种自动化系统、动力系统和机械工具等方面的应用中大放异彩。

1.1.5、备注

驱动器的运算控制与功放电路可实行分离供电（请注意自行配置相关的保险），此时驱动器的3.In为运算控制电路单独供电。FAULHABER还可将用户要求的参数作为出厂设值，最大限度地方便用户。以上两点需要在订货时说明。

Motion Manager可免费索取或从http://www.faulhaber.com/下载德文和英文版，习惯使用中文的用户还可从http://www.bjxdh.com.cn/免费获取中文版。

1.2、快速入门

本节简要介绍在 Motion Manager 下，通过 CAN 接口快速配置驱动器和试车的方法。

若要深入了解和掌握具体操作方法，请参阅第 2.5 章节基本设置。

新的驱动器并未分配有效的网络节点地址（节点标示符＝0xFF），其默认波特率为自动匹配。

要设置波特率和网络节点地址，必须先将驱动器和相应的配置工具通过 CAN 连接。配置工具应支持 CiA DSP305 中的 LSS 协议。如果您的计算机支持 CAN 接口，建议使用 Motion Manager 作为驱动器的配置工具，即可进行设置。

驱动器联网后，若网络中仅有单台设备，则可采用全局方式，通过兼容LSS协议的工具设置波特率和节点地址；对于多台设备，则应使用独选方式，通过各设备的标识符一一设置（详情参阅第 2.4 章节波特率和节点地址）。

采用 Motion Manager 作为配置工具时，请按以下步骤操作：

1、 将驱动器和计算机通过 CAN 接口连接；
2、 启动 Motion Manager；
3、 选择通讯→配置计算机通讯参数，激活 CAN 接口；
4、 选择配置→通讯参数；
5、 选择配置模式：

A)、若网络中只有一个 LSS 从站，或者说网络中仅有一台驱动器，请选择全局方式；

B)、若网络中有多个LSS从站，或者说网络中有多个驱动器，通常应使用独选方式，如果某设备未能被节点管理器搜索到，请将输入该节点上驱动器的设备序列号，同时检查其它配置是否正确。

6、 在接下来的对话框中，选择需要的波特率或选择自动匹配，然后输入一个节点地址；
7、 按下发送；
8、 Motion Manager 将开始寻址并将结果列入节点管理器。驱动器断电重启后，上述设置依然有效。

系统启动后，CANopen上所有节点都将处于一种预操作状态。要进一步操作，需让系统进入到操作状态。PDO无法在预操作状态下通讯。因此，在此状态下，所有的FAULHABER指令均无法执行。除NMT功能之外，要设置对象字典中的参数，只能采用SDO通讯（详情参阅第 4 章节CANopen）。

1.2.1、通过 Motion Manager 执行控制

通过指令→CANopen或在节点管理器内鼠标右击，Motion Manager可以方便地访问CANopen上的状态机。要对某一节点执行操作，必须首先在节点管理器中鼠标双击以激活目标节点，激活后的目标节点当前

状态，将在Motion Manager底部的状态提示栏显示。

下文用到的FAULHABER指令可从指令输入框输入，也可使用指令菜单选取。指令发送后，Motion Manager自动调用译码器将其翻译并映射为CAN报文帧，通过PDO传输。

要通过 Motion Manager 控制电机，请按如下操作（假设节点地址有效且波特率已匹配）：

1、 启用网络节点（远程节点）：在节点管理器中鼠标右击，打开关联菜单，选择 CANopen 网络管理→启用远程节点，或者通过菜单栏上的指令→CANopen，接下来即可使用 FAULHABER 指令；

2、 配置驱动器功能：通过配置→驱动器功能调出配置驱动器功能对话框。

注意：对于MCBL3003/06 C，必须确保所连接的电机型号，与基本参数选项卡中所显示的一致；而对于MCDC3003/06 C，则必须确保在附加参数选项卡中，编码器的分辨率（ENCRES）设置无误。（详情参阅第 2.5 章节基本设置）。

接下来选择控制模式。可供选择的控制模式（OPMOD）代码为 1、3、6 和-1，分别代表选择标准的通用 CANopen 对象控制模式和更简洁的 FAULHABER 模式，要保存该设置，请按下写入。

3、 初始化驱动器：

1）、 FAULHABER 模式 OPMOD-1：

A）、EN：在指令输入框中输入 EN 后按下发送；或通过菜单指令→运动控制指令→初始化驱动器，然后按下发送。

2）、 CANopen 控制模式 OPMOD1、3、6：

A）、关闭设备：使用菜单指令→CANopen 或在节点管理器中鼠标右击，打开关联菜单，选择设备→关闭设备；

B）、打开设备：使用菜单指令→CANopen 或在节点管理器中鼠标右击，打开关联菜单，选择设备→打开设备。

4、 驱动电机（举例）：

以 100rpm的速度驱动电机：

1）、 FAULHABER 模式 OPMOD-1：

V100：在指令输入框中输入 V100 后发送，或选取指令→运动控制指令→启动并执行速控菜单，在弹出的对话框中输入“100” （不含外侧双引号，下同）后按下 OK，然后按下发送。

2）、 CANopen 下的复合速控模式 OPMOD3：

设置目标速度值为 100（对象 0x60FF）。

5、 制动电机：

1）、 FAULHABER 模式 OPMOD-1：

V0。

2）、 CANopen 下的复合速度模式 OPMOD3：

设置目标速度值为 0（对象 0x60FF）或选择脱离受控。

6、 让电机在当前位置前进 10 000：

1）、 FAULHABER 模式 OPMOD-1：

LR10000：指定目标位置为相对位置 10 000，然后使用 M 指令启动电机向目标位置运动。

2）、 CANopen 下的复合位置模式 OPMOD1：

设置目标位置值为 10 000（对象 0x607A）然后执行。（通过设置目标位置并将状态字设为相对）。

1.2.2、通过其它上位机执行控制

启动 CANopen 节点：通过广播指令启动远程节点，可将网络上某节点或整个网络切换到操作状态。

11 位标识符	2 字节用户数据
0x000	01 00

数据首字节包含启动远程节点这个启动指令，第二字节包含目标设备在网络中节点地址或者为零。

节点启动后，所有功能也一并激活。采用遵从 CiA DSP402 的设备控制功能、或在 PDO2 中使用 FAULHABER 指令，均可启动和控制驱动器。

各设备标识符的分配依照预设值并由节点地址确定（详情参阅第 4.5 章节NMT—网络管理）。以下是最为重要的若干对象：

对象	功能	标识符	对象	功能	标识符
TxPDO1	状态字	0x180+ 节点地址	RxPDO2	FAULHABER 指令	0x300 + 节点地址
RxPDO1	控制字	0x200 + 节点地址	TxSDO	读取对象	0x580 + 节点地址
TxPDO2	FAULHABER 数据	0x280 + 节点地址	RxSDO	写入对象	0x600 + 节点地址

驱动器启动时，工作在 OPMOD1（复合位控模式）下。该模式是通过状态机控制器来控制驱动器：通过控制字（对象 0x6040 或 RxPDO1）执行控制；通过状态字（对象 0x6041 或 TxPDO1）执行查询。

以下指令是用以激活驱动器功放输出以驱动电机：

- 关闭设备：控制字=0x06
- 打开设备/可操作状态：控制字=0x0F

此时驱动器已处于受控状态，可使用复合位控模式执行控制（详情参阅第 4.7 章节驱动控制（设备控制）和 6.3.3 章节复合位控模式）。

利用对象字典中的对象，通过SDO可设置驱动器的功能。当然，采用FAULHABER模式，通过PDO2 对驱动器进行设置更加方便。同时，并非所有功能的设置都支持对象字典方式，许多附加工作模式只能在 FAULHABER模式下实现。（详情参阅第 6 章节参数详解）

用户无需深入了解 CANopen 方面的知识，例如关于设备控制、SDO 协议和对象字典等，也可轻松使用驱动器的全部功能。FAULHABER 模式支持驱动器所有指令并大幅度简化操作，这一切只需要将模式设置为 OPMOD-1（FAULHABER 模式）：

RxPDO2：FAULHABER 指令 OPMOD-1。

11 位标识符	5 字节用户数据
0x300（768D）+ 节点序号	0xFD 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF

按照以下格式，所有 FAULHABER 指令均可应用于驱动器控制：

11 位标识符	5 字节用户数据
0x300（768D）+ 节点序号	指令 LLB LHB HLB HHB

举例：ID301：93 F4 01 00 00 →节点 1 的驱动器，控制电机速度为 500rpm（V500）。

关于所有可用的指令列表，请参阅 6.4 章节FAULHABER指令。

2、安装

2.1、端口说明与安装维护

3564K024B CC

标准产品的出线以颜色区分，功能如下：

线色	名称	含义与功能
蓝色	GND	电源地
粉红	+24V	24V 电源电压输入端
褐色	AnIn	模拟信号输入端
白色	Fault	故障输出端
灰色	AGND	模拟信号地
黄色	CAN_L	CAN_L / RS-232 接收端 *
绿色	CAN_H	CAN_H / RS-232 发送端 *
红色	3. In	第三输入端 / 运算控制电路电源 **

MCBL3003/06 C

连接端定义与功能如下：

电源端		电机端	
端口	含义与功能	端口	含义与功能
CAN_H	CAN_H / RS-232 发送端 *	Ph A	电机绕组 A 相（褐色）
CAN_L	CAN_L / RS-232 接收端 *	Ph B	电机绕组 B 相（橙色）
AGND	模拟信号地	Hall C	霍尔传感器 C（灰色）
Fault	故障输出端	Hall B	霍尔传感器 B（蓝色）
AnIn	模拟信号输入端	SGND	信号地（黑色）
+24V	24V 电源电压输入端	+5 V	+5V 电压输出端 Vcc （红色）
GND	电源地	Hall A	霍尔传感器 A（绿色）
3. In	第三输入端 / 运算控制电路电源 **	Ph C	电机绕组 C 相（黄色）

驱动器集成标准串行数据接口样式的“D”型 9 芯插头，其针脚与功能如下：

针脚序号	含义与功能
2	CAN_L / RS-232 接收端 *
3	地
7	CAN_H / RS-232 发送端 *

MCDC3003/06 C

电源端		电机端	
端口	含义与功能	端口	含义与功能
CAN_H	CAN_H / RS-232 发送端 *	Mot -	电机电源负
CAN_L	CAN_L / RS-232 接收端 *	Mot +	电机电源正
AGND	模拟信号地	SGND	编码器信号地
Fault	故障输出端	+5 V	编码器电源正
AnIn	模拟信号输入端	Ch B	编码器信号 B 通道
+24V	24V 电源电压输入端	Ch A	编码器信号 A 通道
GND	电源地	4.In	第四输入端
3. In	第三输入端 / 运算控制电路电源 **	5.In	第五输入端

驱动器集成标准串行数据接口样式的“D”型 9 芯插头，其针脚与功能如下：

针脚序号	含义与功能
2	CAN_L / RS-232 接收端 *
3	地
7	CAN_H / RS-232 发送端 *

* RS232 功能仅限升级软件时使用。

** 为可选配置。

电源的连接（+24V 和 GND）

选择电源时，应充分考虑到所连电机的最大功率。请一定注意电源极性，电源反接将导致驱动器内置保险烧毁。烧毁保险后，驱动器只能返厂维修。

模拟信号输入（AnIn、AGND）

AnIn 可接受多种信号的输入。

AGND 应与 GND 共地，以避免零点漂移和导线电阻所引起的压降而影响控制精度。

根据不同配置，AnIn 可以有以下功能：

- 输入模拟电压以控制电机的速度；
- 输入 PWM 信号以控制电机的速度；
- 输入模拟电压限制电流；
- 输入模拟电压以控制电机的位置；
- 作为限位开关，通过输入数字信号来控制；
- 减速电机或 MCBL 类驱动器的双闭环模式下，外接编码器信号（AnIn 接 A 通道；AGND 接 B 通道）。

连接到 CAN

CAN_H、CAN_L 和 GND 三个端口。对驱动器行固件升级时，这三个端口还可直接与计算机 RS-232 串口连接。

故障输出端（Fault）

Fault 特性如下：

- 接地开关功能，可转为接地（集电极开路）；
- 开路状态下的输出阻抗（高电平）：100 kΩ；
- 当驱动器出现故障时，切换到开路状态（高电平）；
- 最大负载电流不超过 30mA，最高电压不超过电源电压 U_B；
- 防短路设计。

以下情形将导致 Fault 动作：

- 限流功能启动；
- 过压保护启动（电源电压超过 32V）；
- 过热保护启动，关闭功放输出电路；
- 电机实际速度与目标速度的偏差超过 DEV 的限定。

Fault 还可配置成以下功能：

- 脉冲输出（对 MCDC 系列驱动器无效）；
- 数字信号输出；

- 限位开关；
- 电机转向控制信号输入。

第三输入端（3.In）

数字信号输入端或限位开关。当驱动器的运算控制与功放输出电路分离供电时，在驱动器功放电路关闭后，运算控制电路还可由 3.In 供电单独工作。

第四、第五输入端（4.In、5.In，仅对 MCDC 类驱动器有效）

作为数字输入端使用。

2.1.1、安装

驱动器设计为室内环境工作，应避免大量尘土或高浓度化学污染，保证环境清洁干燥、通风良好。将驱动器置于机架或机盒内时，更需注意通风散热。

MCBL3006 C 与 MCDC3006 C 的外壳兼作散热片，工作时其表面最高温度可能超过 85℃。为使驱动器正常工作并发挥最高性能，请确保电源电压在规定范围内。接线操作必须在驱动器断电后进行。

2.1.2、日常维护

原则上驱动器无需专门维护，MCBL3006 C 与 MCDC3006 C 的鳍状散热片需视其环境状况，作定期地检查和清洁。清除散热片上附着的污物时，不可使用含卤素的清洁剂。

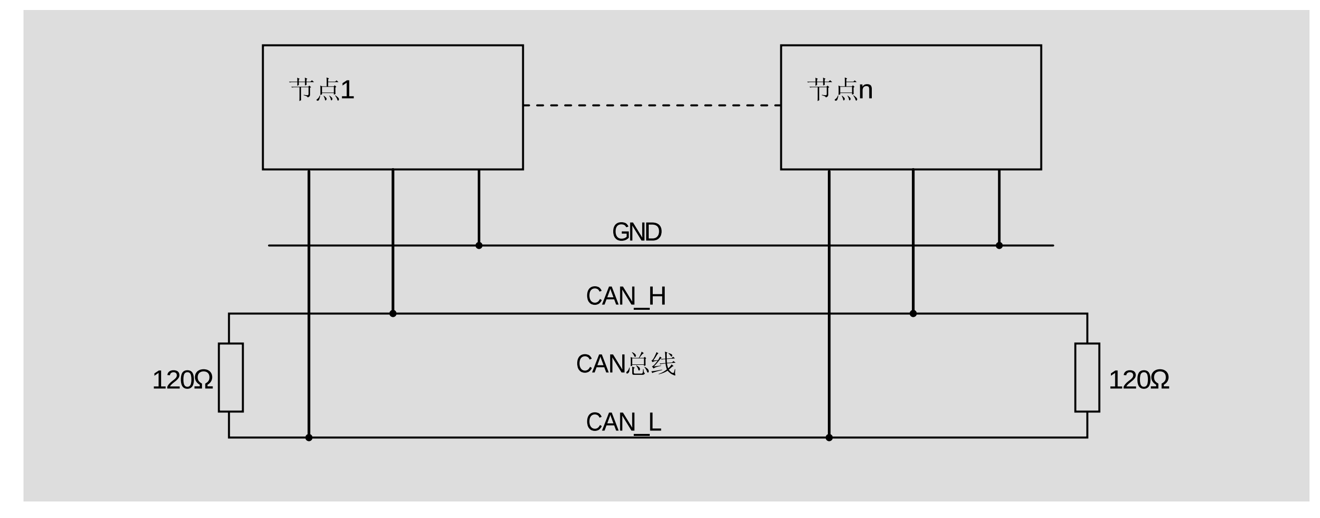
2.1.3、专业维护

如果驱动器发生意外，只有在下列专业领域具有丰富经验的工程师方可处理：

- EMC（电磁兼容）相关专业；
- 低压电器相关专业；
- 机械设备相关专业；
- 精通VDE相关的DIN（如DIN VDE 0100、DIN VDE0113/EN 0204、DIN VDE 0160/EN 50178 等)；
- 意外事故预防相关专业。

安装和使用驱动器之前，请仔细阅读以上内容。

2.2、关于 CAN 的连线



作为一个双线总线系统，CAN 上的所有节点是并行连接的，总线终端必须外加一 120 Ω 的电阻跨接在 CAN_H 和 CAN_L 之间。除此之外，所有节点还应共地。

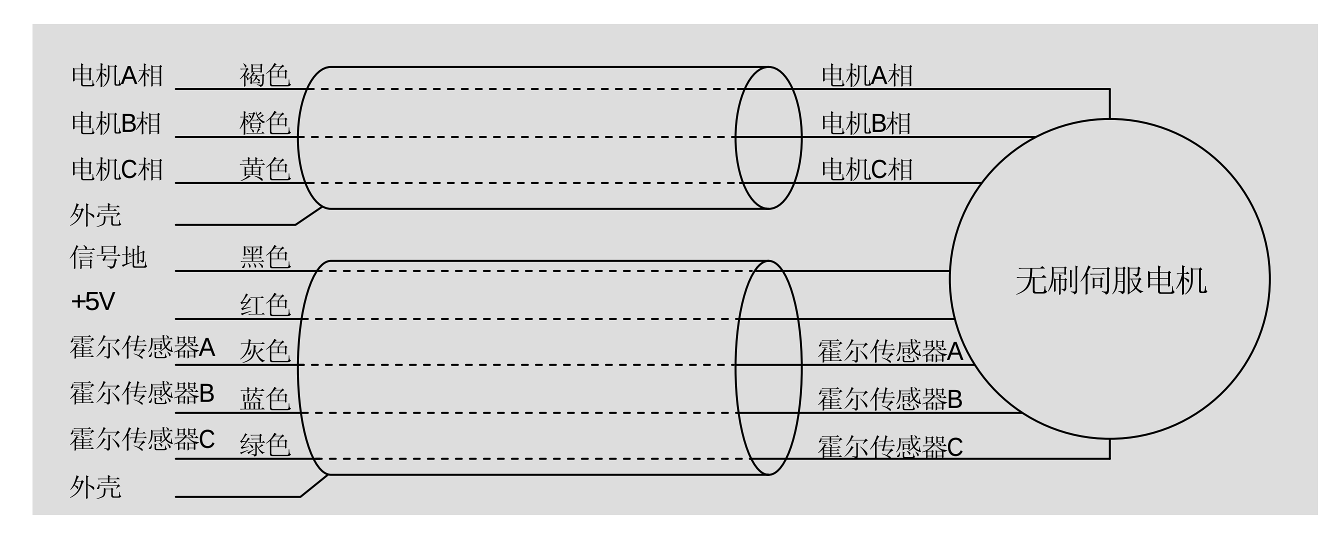
受信号传输时间与波特率限制，节点连线的最大长度应遵循以下对应关系：

波特率	最大线长	波特率	最大线长
1 000 千比特/秒	25 米	50 千比特/秒	1 000 米
500 千比特/秒	100 米	20 千比特/秒	2 500 米
250 千比特/秒	250 米	10 千比特/秒	5 000 米
125 千比特/秒	500 米		

2.3、电机的接线

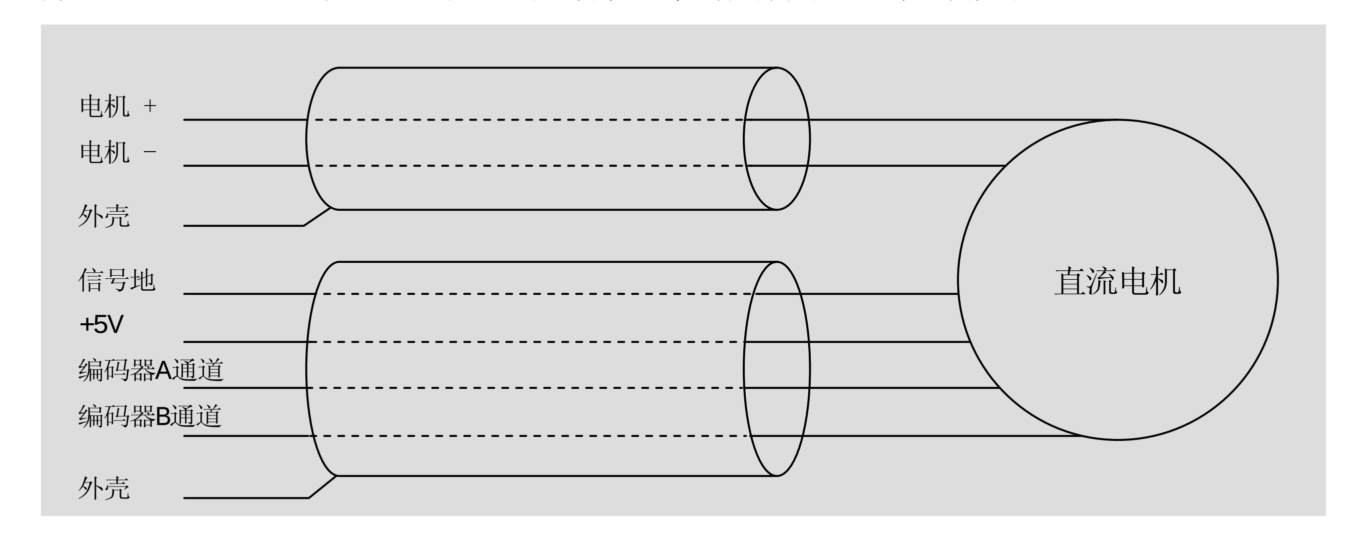
MCBL3003/06 C

由于霍尔信号易受干扰，因此虽然未规定最大线长，但长度超过 300mm 时，推荐采用屏蔽线。示意图如下：



MCDC3003/06 C

由于编码器信号易受干扰，因此虽然未规定最大线长，但长度超过 300mm 时，推荐采用屏蔽线。如果采用了带信号差分放大的编码器（例如长线驱动），请考虑使用 FAULHABER 提供的 HEDL 适配板，代码为 6501.00064（HEDL 是 HP 公司出品的一款带长线驱动的编码器）。示意图如下：



2.4、波特率和节点地址

设置节点地址和波特率，需遵循 CiA DSP305 下的 LSS 协议。因此配置工具必须支持该协议——例如 Motion Manager。

将配置工具作为 LSS 主站，配置对象（驱动器）作为 LSS 从站。从站有以下两种配置方法：

- 全局方式：一条切换指令将所有节点的从站设备切换到配置模式。当然，在切换后，要设置节点波特率和地址等，仅能对针对某唯一节点进行。
- 独选方式：一条切换指令只将网络中某一 LSS 从站切换到配置模式，使用该方式必须知道每一 LSS 从站设备的标识符、产品代码和序列号。通过序列号可以对每一个 LSS 从站设备进行独立的配置。

以下是可选择的波特率（速率参数）：

波特率	索引	波特率	索引
1 000 千比特/秒	0	125 千比特/秒	4
800 千比特/秒	1	50 千比特/秒	5
500 千比特/秒	2	20 千比特/秒	6
250 千比特/秒	3	10 千比特/秒	7

另外，通过发送索引值 0xFF，可自动匹配波特率。

可使用的节点地址范围为：1~255。

地址 255（0xFF）表示节点尚未配置。LSS 初始化系统时，该地址将被系统占用，直到接收到一个有效节点地址之后，NMT 才能继续。

LSS 协议还可读取设备的节点序号之外的其它信息，例如生产厂家标识符、产品代码、版本号和序列号等。

在 LSS 协议中，标识符 0x7E5（主站）和 0x7E4（从站）用于 LSS 通讯，属系统占用的资源。

配置完成后，所有参数都存储于驱动器内的闪存中，不会随电源关闭而丢失。

若启用独选方式，FAULHABER 驱动器信息只包含生产厂家标识符、产品代码和序列号，版本号可输入“0.0”，此协议下，该数值将被忽略。

- 生产厂家标识符：327；
- 产品代码：3150。

有关 LSS 协议的具体内容，请参阅 CiA 相关文档，文档编号为 DSP 305。

如果选择了波特率自动匹配，驱动器将通过报文帧探测和确定适当的波特率，通过最多 3 个报文帧的测试，即可完成并自动调整就绪。请注意第一个报文帧有可能丢失，由此将导致探测过程的时间稍微延长。

2.5、基本设置

对于 MCDC 和 MCBL 类驱动器，为调校与驱动器连接的电机，试车前应进行一系列基本设置。该操作可通过 Motion Manager 快速轻松地完成。

注意：忽略或错误的基本设置有可能损坏驱动器或电机！

MCBL3003/06 C 出厂时，默认所连接的电机为 MOTTYP5（2444S024B K1155）。若实际连接的电机与此不同，您必须首先对此进行更改。更改之后，Motion Manager 将校准霍尔传感器信号的同步性，以使电机转动更平稳；接着调整驱动电流的波形，使电机功效达到最高。所连接的电机型号一旦更改，都必须重新执行以上操作。（选择配置→驱动器功能→基本参数，按下按选定型号电机执行参数校准。）

驱动器参数和电流限制值也必须符合所使用的电机和实际应用需求。

下表是 MOTTYP 所对应的实际电机型号，电机型号改变后，表中所列的内部参数也随之改变：

MOTTYP	电机型号	速控比例系数	速控积分系数	位控比例系数	位控微分系数	电流系数	峰值电流（mA）	连续电流（mA）
1	1628T012B K1155	12	25	24	2	40	3 000	770
2	1628T024B K1155	12	22	8	10	40	3 000	410
3	2036U012B K1155	6	45	10	14	50	3 000	980
4	2036U024B K1155	14	25	17	6	50	3 000	480
5	2444S024B K1155	7	40	16	9	50	5 000	1 370
6	3056K012B K1155	8	30	22	13	50	7 000	1 940
7	3056K024B K1155	10	40	22	12	50	3 000	930
8	3564K024B K1155	8	40	12	6	50	8 000	2 800
9	4490H024B K1155	8	40	12	6	20	10 000	6 000

通过 MOTTYP 指定了电机型号后，上表中的各参数还可单独修改，RN 可以恢复参数到默认值。若所连接的电机未在列表框中，请选择 MOTTYP0 并用 KN 和 RM 设置 K_n（速度常数）和 R_M（电枢电阻），这两个参数可从电机参数表中查询。

MCDC3003/06 C 出厂时，默认的编码器分辨率为 512 线（ENCRES2048，因为脉冲信号的每一周期可以有 4 个采样点，所以为其物理分辨率的 4 倍）。修改此参数请使用 ENCRES 或在配置→驱动器功能→附加参数中设置。

为防止电机在高速运行下、突然制动时所产生的反电动势击穿 MCDC3003/06 C 的功放输出电路，必须依照电机参数表输入 K_n（速度常数）和 R_M（电枢电阻）。同样，驱动器的其它参数，例如最大电流限制值（LPC 与 LCC）等，也必须适合具体应用需求，同时与所连接的电机相匹配。

若要将 Fault 作为输入端使用（使用 REFIN 或 DIRIN 设置），务必先设置完成、再输入控制信号！

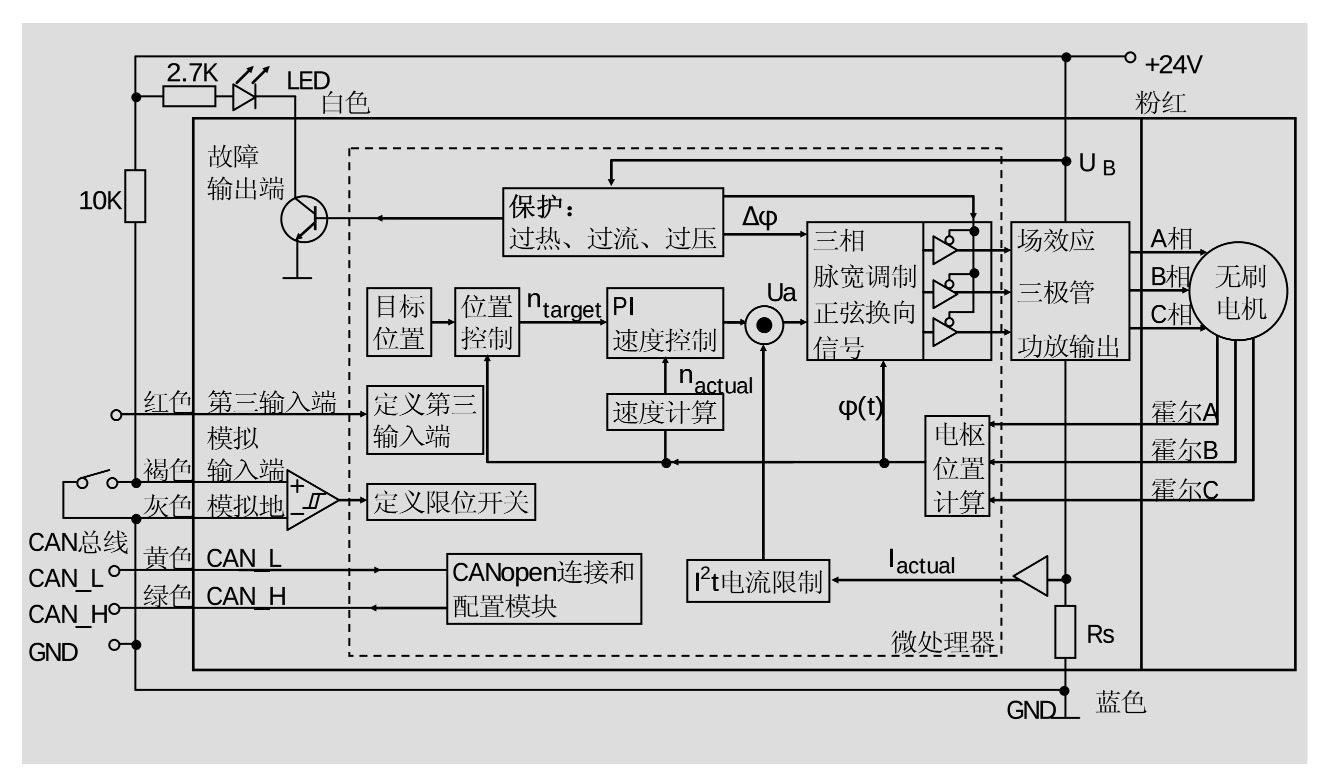
3、驱动器功能

通过设置，驱动器可以有不同的操作和工作模式。

驱动器出厂时，默认为遵从 CiA DSP402 行规的复合位控模式（OPMOD-1），可通过配置→驱动器功能菜单进行修改。修改后的设置若需保存，请按下写入或使用 SAVE（以前的 EEPSAV）。

要设置不同的工作模式，首先应保证驱动器处于NMT中的操作状态、功放输出电路已经打开（处于打开或受控状态）。所有指令和对象列表，请参阅第 6 章节参数详解；可通过PDO2 传输的FAULHABER指令，则请参阅 6.4 章节FAULHABER指令在各工作模式下的说明。

电路示意：带限位开关的 3564K024B CC：



Motion Manager 提供 Windows 风格对话框，用户对驱动器进行操作时一目了然。所有指令都可直接输入或通过菜单选取，CANopen 状态机的操作也通过菜单完成。状态提示栏会自动显示当前设备的状态。

注意：驱动器仅可在操作状态下接收 FAULHABER 指令（指令→CANopen→网络管理→启用远程节点可将驱动器切换到操作状态）。

3.1、位置控制

在该操作模式下，可通过 CAN 接口预设目标位置，具体操作有如下两种方式：

1、 遵从 DSP 402 行规的“复合位控模式”：

首先将操作模式设置为OPMOD1。目标位置和其它各参数，可通过对象字典或FAULHABER指令，根据实际需要进行设置和调节。例如AC（0x6083）、DEC（0x6084）、SP（0x607F）、LPC和LCC等等，同时还包括POR、I、PP和PD（0x60FB和 0x60F9）等数字滤波参数。LL或对象 0x607D可用于限制位置范围。位控由控制字启动执行并由状态字检验（详情参阅第 6.3.3 章节复合位控模式，以上指令含义请参阅 6.4 章节FAULHABER指令）。

2、 FAULHABER 模式：

首先将操作模式设置为OPMOD-1、速度控制的信号格式设置为SOR0、工作模式设置为CONTMOD或ENCMOD。其它参数可使用FAULHABER指令，根据实际需要设置和调节。例如AC、DEC、SP、LPC和LCC等等，同时还包括POR、I、PP和PD等数字滤波参数。LL可设置位置范围并通过APL使其生效（以上指令含义请参阅 6.4 章节FAULHABER指令）。执行位控的关键指令如下：

指令	功能	详细说明
LA	指定绝对目标位置	以系统启动时的原点为零位，设置一个目标位置。 范围：$\pm 1.8\times 10^9$ 之间。
LR	指定相对目标位置	以当前位置作为零位，设置一个目标位置。目标位置的范围受系统启动时的原点限制，必须在原点的$\pm 2.14\times 10^9$ 的范围内。
M	开始运动	启动执行位控。

举例：

- LA400000 →指定目标位置；
- M →开始运动。

在以上两种操作模式下，如果 RxPDO1 的传输类型设置为 255（对象 0x1800），当电机到达目标位置时，TxPDO1 上的状态字（第 10 位，目标位置到达）将会有所提示。

线性霍尔传感器还能反馈无刷伺服电机的位置。对于 3564K024B CC 和 MCBL3003/06 C 而言，位置精度高达 1/3 000 圈。

使用 APL0 可让电机运动不受$\pm 1.8\times 10^9$ 的位置范围限制。超过此范围后，位置清零并重新开始计数。

3.2、速度控制

3.2.1、通过 CAN 执行速控

通过 CAN 执行速控有以下两种方式：

3、 遵从 DSP 402 行规的“复合速控模式”：

首先将操作模式设置为OPMOD3，其它参数可通过对象字典或FAULHABER指令，根据实际需要设置和调节。例如AC（0x6083）、DEC（0x6084）、LPC和LCC等等，同时还包括POR和I（0x60F9）等数字滤波参数。速控通过对象字典（0x60FF）设置的目标速度启动执行并由状态字检验。要让电机制动，可使用控制字（脱离受控），也可将对象的目标速度值设置为 0（详情参阅第 6.3.6 章节复合速控模式，以上指令含义请参阅 6.4 章节FAULHABER指令）。

4、 FAULHABER 模式：

首先将操作模式设置为OPMOD-1、速度控制的信号格式设置为SOR0、工作模式设置为CONTMOD或ENCMOD。其它参数可使用FAULHABER指令，根据实际需要设置和调节。例如AC、DEC、SP、LPC和LCC等等，同时还包括POR、I等数字滤波参数。（以上指令含义请参阅 6.4 章节FAULHABER指令）。

执行速控的关键指令如下：

指令	功能	详细说明
V	切换到速控模式	切换到速控模式并设置目标速度。单位：rpm。

举例：

- V100 →指定电机以 100 rpm 的速度运行。

输入一个负的速度值即可改变电机转向（例如：V-100）、输入 V0 则电机制动。

使用 APL0 可让电机运行不受 LL 设置的位置范围限制，另需注意 SP 不能低于目标速度。

3.2.2、通过模拟信号执行速控

本功能只针对 FAULHABER 模式有效，因此应设置操作模式为 OPMOD-1，同时还需要把驱动器设置为 SOR1 或 SOR2、工作模式设置为 CONTMOD。

其它参数可使用FAULHABER指令，根据实际需要设置和调节。例如AC、DEC、LPC和LCC等，同时还包括POR和I等数字滤波参数（以上指令含义请参阅 6.4 章节FAULHABER指令）。以下为进一步设置模拟速控所可能用到的指令：

设置调速比例（最高速度）

在 AnIn 输入的模拟电压达到最高值（默认设置为 10V）时，电机所能获得最高转速。

指令	功能	详细说明
SP	设置最高速度	设置电机的最高转速，适用于除 VOLTMOD 外的所有工作模式。单位：rpm。

举例：

- SP5000 →设置最高转速为 5 000rpm，该速度在 AnIn 接收的模拟电压为 10V 时获得。

设置最低速度

指在 AnIn 输入的模拟电压绝对值为最低时，电机的转速。

指令	功能	详细说明
MV	设置最低启动速度	设置允许的电机最低转速，指在 AnIn 输入的模拟电压的绝对值最低时，电机的转速。单位：rpm。

设置启动电压

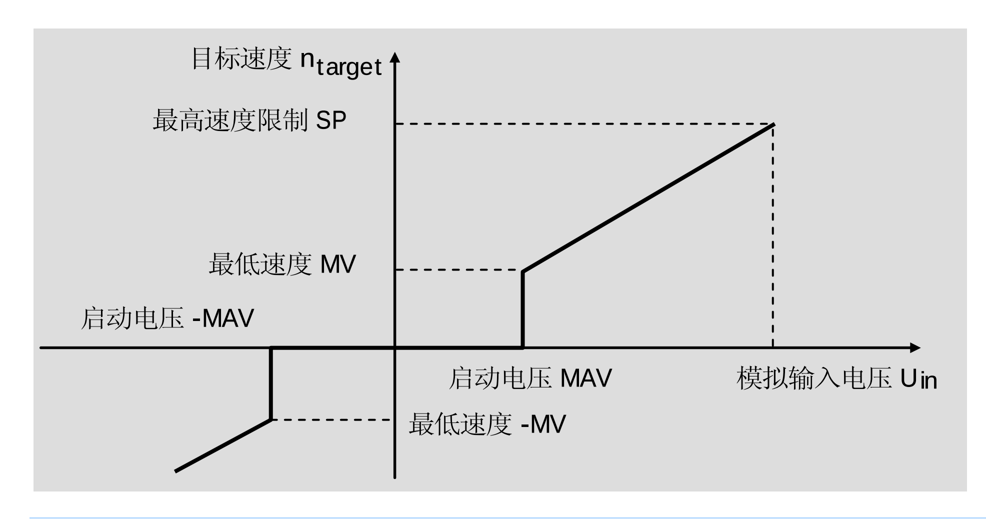
又称之为“死区电压”，指电机启动时，所需要的模拟输入电压的最低绝对值。

指令	功能	详细说明
MAV	设置最低启动电压	电机启动时，需要在 AnIn 输入的模拟输入电压最低绝对值，低于该值时电机将不会转动。单位：mV。

举例：

- MAV100 →AnIn 接收的模拟电压高于 100mV（或低于-100mV）时，电机才开始转动。

设置启动电压用以避免干扰信号通过 AnIn 扰动电机。因为在实际应用中，通常很难将 AnIn 的输入电压精确地保证为零，不设置启动电压，则很难保证电机完全静止。



设置电机旋转方向

指令	功能	详细说明
ADL	定义逆时针方向为正	输入正的电压信号，电机逆时针方向旋转（面向电机轴观测，下同）。
ADR	定义顺时针方向为正	输入正的电压信号，电机顺时针方向旋转。

举例：

- ADR →设置当输入 AnIn 模拟电压信号为正时，电机顺时针方向旋转。

Fault 也可被设置为数字输入端，以控制电机的转向：

指令	功能	详细说明
DIRIN	转向控制输入	将 Fault 设置为数字输入端，输入信号的高低电平决定电机的转向。

输入的数字信号电平与电机转向的对应关系：

- 低电平：电机逆时针旋转（与 ADL 效果一致）；
- 高电平：电机顺时针旋转（与 ADR 效果一致）。

用此方法控制电机的转向，其优先权高于 ADL 和 ADR。

采用 **PWM** 信号执行速控（**SOR2**）

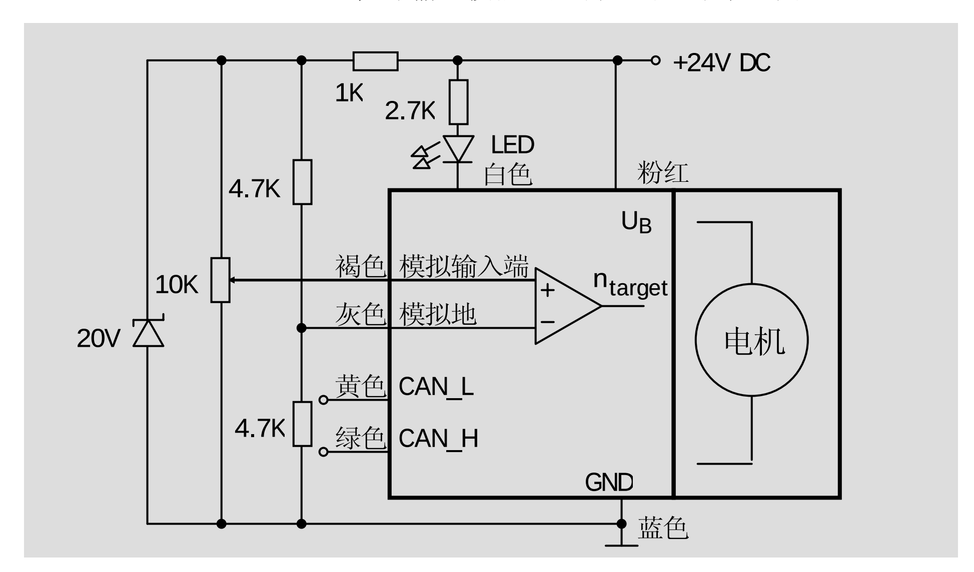
在 AnIn 输入 PWM 信号以控制电机运动，效果如下：

- 占空比＞50%：电机顺时针旋转；
- 占空比＝50%：电机静止；
- 占空比＜50%：电机逆时针旋转。

此时还可使用 SP、MV、MAV、ADL 和 ADR 等指令。

要让电机运行不受 LL 设置的位置范围限制，请确认使用了 APL0。

3564K024B CC 通过电位计输入模拟电压调速的电路示意图：



需要注意的是，实际应用中，AnIn 通常接收外部的模拟电压。AnIn 开路时，电机可能会以不确定的速度旋转。要让电机静止不动，则应保证 AGND 与 GND 处于同一电平，最简单的方法是将这两端共地。

3.3、寻零功能和限位开关

以下端口可用于电机寻零和作为限位开关：

- AnIn；
- Fault；
- 3.In；
- 4.In 和 5.In（仅对 MCDC 类驱动器有效）。

无刷伺服电机每旋转一圈，线性霍尔传感器所输出的信号都会产生一个零交叉点，该点可作为零位索引。对于带索引通道的编码器，则可将该通道的输出信号直接输入 Fault。对于往复运动系统，引入零位索引可确保运动精度。

AnIn 和 Fault 可作为中断信号输入，同时仅此两端口可作为边沿触发器，可靠触发时间为 100µs。另外，驱动器所有输入端的电平跳变最大响应时间都为 100µs。

设置数字输入端的电平规格

指令	功能	详细说明
SETPLC	匹配PLC（SPS）	设置输入信号规格为 PLC 规格（高电平 24V）。
SETTTL	匹配TTL	设置输入信号规格为 TTL 规格（高电平 5V）。

以上指令可设置输入端可接收的信号规格，具体如下：

- PLC（出厂默认值）：低电平：0~7.0V，高电平：12.5V~驱动器电源电压 U_B；
- TTL：低电平：0~0.5V，高电平：3.5V~驱动器电源电压 U_B。

设置 Fault 为定位或限位开关信号输入端

指令	功能	详细说明
REFIN	定位或限位开关输入	将 Fault 设置为数字输入端，接收定位或限位开关信号。

仅当 REFIN 生效后，Fault 的限位开关功能方可使用（必须按下写入或使用 SAVE 保存 REFIN）。

若要将 Fault 作为输入端使用，务必先设置完成、再输入控制信号！

以下两种方式可设置寻零功能：

1、 遵从 DSP402 行规的寻零方式：

首先将操作模式设置为OPMOD6。寻零方式、寻零补偿、寻零速度和寻零加速度等可通过对象字典（对象 0x6098、0x607C、0x6099 和 0x609A）设置。寻零程序通过控制字启动并由状态字检测（详情参阅第 6.3.4 章节寻零模式）。输入端功能则通过对象 0x2310 设置（详情参阅 6.2 章节制造商定义的对象）。

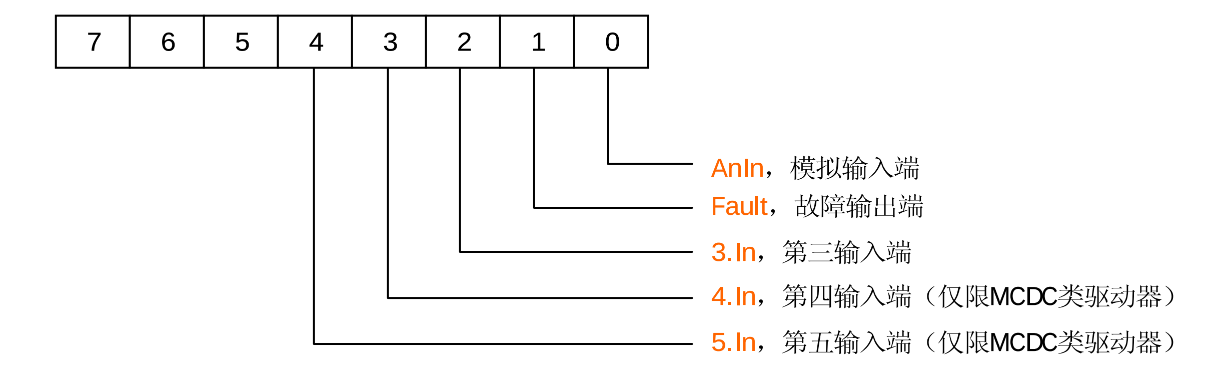
2、 FAULHABER 模式：

首先将操作模式设置为 OPMOD-1。该模式下，包括端口功能设置和寻零方式等操作，均由本节后文列表的 FAULHABER 指令完成。寻零通过以下指令启动：

指令	功能	详细说明
GOHOSEQ	开始寻零	开始执行寻零，寻零程序（若编写的有）的执行不受驱动器的工作模式限制。
GOHIX	霍尔位置清零	启动无刷电机向霍尔零位运行（零位索引）并将电机位置清零。（对 MCDC 类驱动器无效）
GOIX	编码器索引清零	启动电机向编码器索引信号零位运行（该信号由 Fault 接收）并将电机位置清零。（直流电机或外带编码器控制时适用）

在 FAULHABER 模式下配置寻零功能和限位开关

配置限位开关功能时，指令后需要跟随各输入端的掩码，掩码定义如下：



针对需要设置的输入端，选择掩码并使用以下各指令：

定义触发极性和限位开关功能

指令	功能	详细说明
HP	设置触发极性	定义各限位开关的触发条件，包含触发沿和触发极性： 1：在上升沿和高电平触发；0：在下降沿和低电平触发。
HB	强制限位	激活对应限位开关的强制限位功能。
HD	强制定向	各限位开关通过 HB 设置了强制限位功能后，预设的电机转向： 1：顺时针方向被封锁；0：逆时针方向被封锁。

强制限位功能可切实保证电机不会过冲、运行至限位开关以外。HB 生效时，电机转向受 HD 限制，也就是说，电机只能向远离限位开关的方向运动，如果速度指令的方向错误，则电机将保持静止。

举例：

- HB10　→在 Fault 和 4.In 启用强制限位（$2^1+2^3=2+8=10$，1 和 3 分别为 Fault 和 4.In 的掩码）。

定义寻零方式

指令	功能	详细说明
SHA	寻零位置清零	寻零时（GOHOSEQ），对应限位开关触发后电机位置清零。
SHL	寻零制动	寻零时（GOHOSEQ），对应限位开关触发后电机制动。
SHN	寻零信息应答	寻零时（GOHOSEQ），对应限位开关触发后发消息至主机（状态字字位 14=1）。

要成功地使用 GOHOSEQ 执行寻零，必须对各限位开关功能详细定义。

调用 GOHOSEQ 执行寻零时，如果电机已经在限位开关内，它将尝试向限位开关之外运行。此时电机将以 HOSP 所设置的寻零速度远离限位开关，速度方向与 HOSP 的设置相反。

举例：下列指令将达到的效果为：3.In 被触发跳变为高电平之后，电机制动、位置清零并应答主机：

- HP4；
- SHA4；
- SHL4；
- SHN4。

寻零速度

指令	功能	详细说明
HOSP	设置寻零速度	设置寻零时（GOHOSQ 或 GOHIX）电机的速度与方向，单位：rpm。

举例：

- HOSP-100。

通过 HA、HL 和 HN 指令直接编程

指令	功能	详细说明
HA	寻零位置清零	对应限位开关触发时将位置清零，同时清除该开关上的 HA。（本指令为一次性，无法保存。）
HL	寻零制动	对应限位开关触发时将电机制动，同时清除该开关上的 HL。（本指令为一次性，无法保存。）
HN	寻零信息应答	对应限位开关触发时发送消息至主机（状态字字位 14=1），同时清除该开关上的 HN。（本指令为一次性，无法保存。）

以上指令独立于寻零程序之外，定义了驱动器各输入端被限位开关信号触发后，驱动器和电机的各种动作，所设置的功能在寻零完毕前始终有效。同时，无论寻零程序是否已经启动，只要指令尚未执行，都可以对它们进行修改。

由于上述设置不可保存，因此系统断电后，这三个指令都将失效。

HL 和 SHL 指令

- 位控模式：触发后，电机以最大加速度向定位点运行。
- 速控模式：触发后，电机以预设的负加速度开始减速向定位点运行。这将有可能造成过冲，但可通过追加一个位控指令（LA0，M）使电机重新回到定位点。速控模式的优势在于没有运动突变。

3.4、附加工作模式

附加工作模式仅在 FAULHABER 模式下有效，亦即必须设置为 OPMOD-1。

使用 CONTMOD，可从附加工作模式切回到普通模式。

3.4.1、步进模式

指令	功能	详细说明
STEPMOD	步进模式	切换到步进工作模式。

在步进模式下，AnIn 作为脉冲信号输入端，电机转向通过 ADL 和 ADR 控制。若要通过数字信号改变电机转向，则必须使用 DIRIN 定义 Fault。

指令	功能	详细说明
DIRIN	转向控制输入	将 Fault 设置为数字输入端，输入信号的高低电平决定电机的转向。

该模式为仿真步进电机的工作方式，在 AnIn 每输入一个（组）脉冲，电机将按所设定的角度（等同步进电机的步进角）前进一步。

与真正的步进电机相比，步进模式下的直流电机具有以下优势：

- 电机完成旋转一圈所需的步数（步进角）可自由设置，范围仅受编码器器分辨率限制；
- 步宽（指一个脉冲使电机旋转多少步）也可在一定范围内自由设置；
- 不存在步进电机中，锁定电机所需要的转矩，因此没有转矩损失；
- 全速度范围内的高速动态响应能力；
- 运行安静；
- 由于有编码器信号作为反馈，因此不会发生步进电机特有的“丢步”现象（即使在最大负载下）；
- 静止状态下（到达目标位置后），电机不再耗电；
- 系统功效非常高；

- 对于 3564K024B CC 而言，已经集成驱动器。

输入信号参数

- 最大输入信号频率：400 kHz；
- 电平规格：根据不同配置，可选择+5V 的 TTL 或+24V 的 PLC 规格。

步进模式下可精确控制电机的速度与位置，通过对步数和步宽的设置，输入信号的频率与电机速度之间的比率可任意调节，它们之间的关系如下：

$$\text{电机的转数} = \text{输入的脉冲数} \times \frac{\text{步宽}\,STW}{\text{步数}\,STN}$$

- 电机的转数：电机所旋转的圈数，或理解为电机的位置；
- 输入脉冲数：驱动器所接收的脉冲个数（电机所要前进的总步数）；
- STW：步宽，意思是每收到一个脉冲，电机所前进的步数；
- STN：步数，意思是电机每旋转一圈需要走多少步，相当于步进电机中的 360÷步进角。

STN 和 STW 的数值范围为 0~65 535。

指令	功能	详细说明
STW	设置步宽	在步进或减速电机模式下，每收到一个脉冲，电机将要前进的步数。
STN	设置步数	在步进或减速电机模式下，电机每旋转一圈所需要走的步数。

举例：每输入 1 个脉冲，电机前进 1/1 000 圈，指令：

- STW1；
- STN1000。

电机的转向可由 ADL 和 ADR 控制，也可在 Fault 输入方向控制信号（使用 DIRIN 设置）。

在步进模式下，AC、DEC、SP 等指令同样有效，合理设置它们有利于保证电机平稳运行。LL 所设置的位置范围，在该模式下同样可以通过 APL1 启用。

3.4.2、减速电机（电子齿轮）模式

若电机带有附加的编码器，则还可使用减速电机模式驱动。

指令	功能	详细说明
GEARMOD	减速电机模式	切换到减速电机工作模式。

编码器信号的两个通道分别连接到驱动器的 AnIn 和 AGND，两个信号通道与编码器的+5V 电源端之间，可能需要使用 2.7kΩ 的上拉电阻。

以下公式可以计算出减速比：

$$\text{电机的转数} = \text{输入的脉冲数} \times \frac{\text{步宽}\,STW}{\text{步数}\,STN}$$

- 电机的转数：电机所旋转的圈数，或理解为电机的位置；
- 输入脉冲数：驱动器所接收的脉冲个数（电机所要前进的总步数）；
- STW：步宽，意思是每收到一个脉冲，电机所前进的步数；
- STN：步数，意思是电机每旋转一圈需要走多少步，相当于步进电机中的 360÷步进角。

STN 和 STW 的数值范围为 0~65 535。

指令	功能	详细说明
STW	设置步宽	在步进或减速电机模式下，每收到一个脉冲，电机将要前进的步数。
STN	设置步数	在步进或减速电机模式下，电机每旋转一圈所需要走的步数。

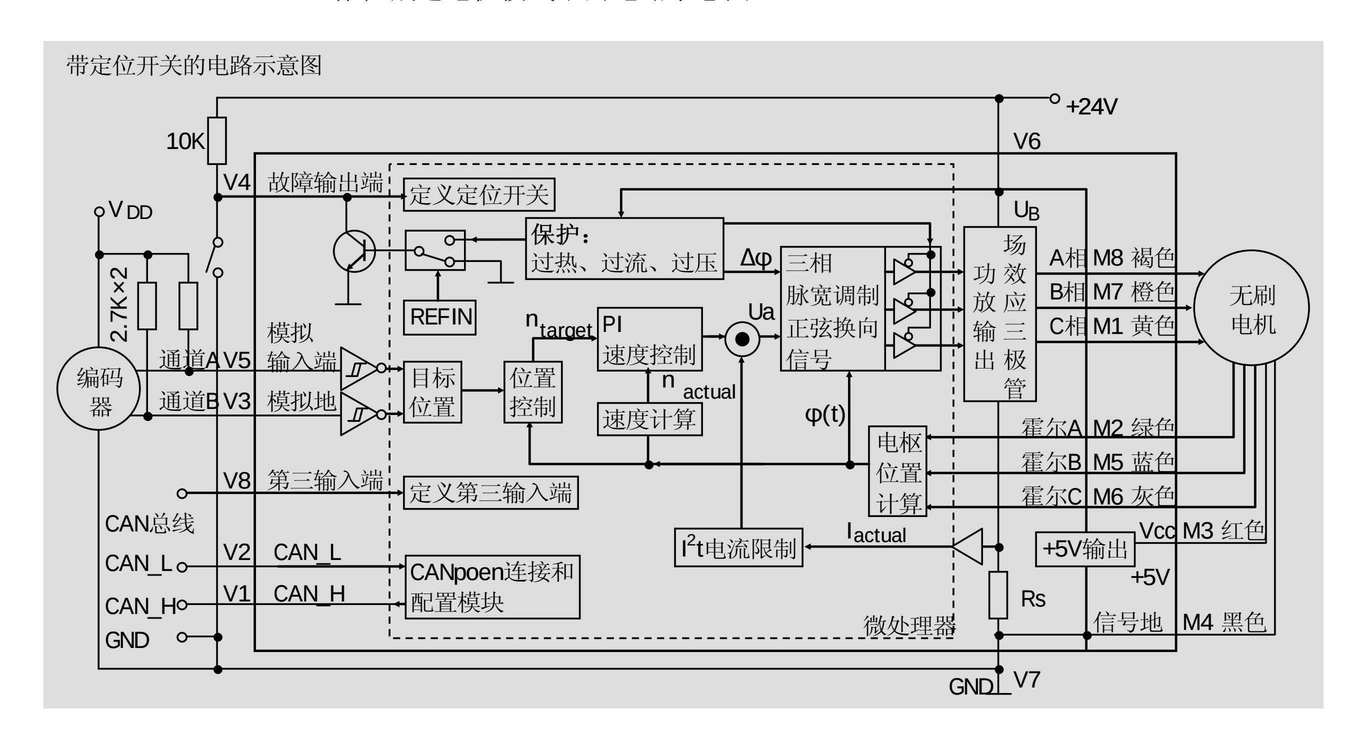
举例：每输入 1 个脉冲，电机前进 1/1 000 圈，指令：

- STW1；
- STN1000。

电机的转向可由 ADL 和 ADR 控制，也可在 Fault 输入方向控制信号（需要使用 DIRIN 设置）。

在减速电机模式下，AC、DEC、SP 等指令同样有效，合理设置它们有利于保证电机平稳运行。LL 所设置的位置范围，在该模式下同样可以通过 APL1 启用。

MCBL3003/06 C 工作在减速电机模式下的电路示意图：



3.4.3、模拟电压位控模式

模拟电压位控模式下，可通过电位计分压或外部电压调控，以控制电机的位置。

指令	功能	详细说明
APCMOD	模拟电压位控模式	切换到通过模拟电压来执行位控的工作模式。

当模拟控制信号为 10V 时，电机到达 LL 所设置的最大位置，-10V 则对应反方向的最大位置。

指令	功能	详细说明
LL	设置位置范围	设置电机的运动位置范围。（位控模式下，电机无法运行到设置的位置范围外。正电压最大值时，电机运行到正向最大位置；负电压最大值则对应反向最大位置。）模拟位控模式下，模拟控制信号最高电压为 10V。

如果使用 APL0 禁用了 LL，则 APCMOD 模式下，电机的位置范围为±3 000 000 之间。AnIn 所输入的模拟电压，最高调节精度为 12 位（4096 级）。

电机的转向可由 ADL 和 ADR 确定，AC、DEC、SP 等指令同样有效，合理设置它们有利于保证电机平稳运行。

通过 PWM 信号执行位控（SOR2）

如果在 ADCMOD 下设置为 SOR2，则可通过 PWM 信号来执行位控，具体如下：

- 占空比＞50%：对应一正的目标位置；
- 占空比＝50%：对应目标位置为零位；
- 占空比＜50%：对应一负的目标位置。

单圈以内的绝对位置定位

依靠线性霍尔传感器，无刷伺服电机可在一圈内的实现绝对位置定位。这表示即使系统断电，当前的位置信息也不会丢失。加电重启后，电机可再定位到断电前的位置（仅在电机转动不超过一圈时有效）。

依照下述指令设置后，可确保系统断电再重启后，不依靠寻零来实现精确定位（对 MCDC 类驱动器无效）。指令设置为输入信号达到最大值 10V 时，电机的位置正好为一圈：

- APCMOD：　切换到模拟位控模式；
- LL3000：　设置最大位置恰好为电机旋转一圈。

3.4.4、双闭环工作模式（MCDC 类驱动器不适用）

在一些高精度的应用领域中，可在系统终端安装编码器以提高控制精度。这种情况下必须注意：系统内任何异动均可能损坏机械结构。

- 系统精度（包括速度和位置）取决于编码器分辨率的高低；
- 电机的速度既可由编码器获取，也可通过电机内的霍尔传感器信号读出；
- 编码器可直接安装在电机出轴端，但安装在最终输出端，将更有助于提高系统精度，因为这可直接精确反应系统终端的速度和位置。
- 电机的换向依然由电机内部的霍尔传感器控制。

指令	功能	详细说明
ENCMOD	双闭环模式	切换到双闭环模式（对 MCDC 类驱动器无效）。通过外部编码器反馈电机位置（切换到该模式后，当前电机位置被清零）。
HALLSPEED	霍尔反馈速度	在编码器模式下，电机速度采用霍尔传感器信号作反馈（对 MCDC 类驱动器无效）。
ENCSPEED	编码器反馈速度	在编码器模式下，电机速度采用编码器信号作反馈（对 MCDC 类驱动器无效）。

编码器信号的两个通道分别连接到驱动器的 AnIn 和 AGND，两个信号通道与编码器的+5V 电源端之间，可能需要使用 2.7kΩ 的上拉电阻。

最大位置范围由 LL 设置，在±1 800 000 000 之间。

输入信号参数

- 最大输入信号频率：400kHz；
- 电平规格：低电平：0~0.5V，高电平：3.5V~电源电压 U_B。

设置编码器分辨率

指令	功能	详细说明
ENCRES	设置编码器分辨率	设置编码器分辨率(必须是其物理分辨率的 4 倍)，范围：0~65 535。

举例：

- ENCRES2048 →附加编码器的分辨率为 512 线。

因为每个编码器信号周期具有 4 个边沿作为采样点，所以 ENCRES 为其物理分辨率的 4 倍。

3.4.5、调压器模式

在电源电压较低时，可使用 VOLTMOD 让驱动器工作在调压器模式。此时，限流功能继续有效，在电源电压范围内，驱动器输出电压与输入的控制信号成正比，比例系数为所设置的电压系数。可利用该模式测试驱动器电源电压固定时，直流电机在不同电压下的工作情况。

指令	功能	详细说明
VOLTMOD	调压器模式	切换到调压器的工作模式。
U	设置驱动电压	设置驱动电机的输出电压，范围：±32 767 之间（极值对应电源电压的正负最大值），仅对 SOR0 有效。

用以确定输出的驱动电压大小的控制信号，可以由 RS232 串口、模拟电压或 PWM 信号给定。

在 SOR0 下使用 CAN 设置

U 用以设置驱动电机的电压与电源电压之间的比例系数，±32 767 对应驱动电机的电压最大值，即电源电压（负值表示极性相反）；0 则对应输出的电压为 0。

在 SOR1 下使用模拟电压设置

输入的模拟电压与驱动电机的电压成正比，±10V 对应最大值，即电源电压（负值表示极性相反）；0 则对应输出的电压为 0。

在 SOR2 下使用 PWM 信号设置

占空比为 100%时，驱动电机的电压等于最大值，即电源电压；占空比 50%时，输出电压为 0；占空比为 0%时，驱动电机的电压获得反极性的最大值。

3.4.6、模拟限流模式

使用 SOR3 可通过 AnIn 调节限流值。AnIn 的输入信号达到最大值 10V 时，驱动器允许的最大输出电流即为 LPC 值。该模式下，I^2t 限流功能与 LCC 值均无效。注意：若 LPC 设置过大，将可能导致电机永久性损坏。驱动器仅根据输入电压的绝对值大小来调整限流。因此输入负的电压并不能改变电机的转向。

3.4.7、MCDC 类驱动器的开环速控模式

仅对 MCDC 类驱动器适用。该模式下无需编码器，而是通过驱动器内建的电机模型来执行速控，所以编码器和相关的接线均可省略。但控制精度相当受限，主要用于 FAULHABER 大功率电机在高速下运行的控制。

指令	功能	详细说明
IXRMOD	开环速控模式	切换到开环速控工作模式。
RM	设置电机的电枢电阻	设置电机电枢电阻 R_M，R_M 可从电机参数表中查询，单位：mΩ。
KN	设置电机的速度常数	设置电机速度常数 K_n，K_n 可从电机参数表中查询，单位：rpm/V。

3.5、Fault 的特殊功能

针对不同的应用，Fault 可被定义为功能各异的输入或输出端：

指令	功能	详细说明
ERROUT	故障输出	设置 Fault 为故障指示输出端。
ENCOUT	脉冲输出	设置 Fault 为脉冲输出端（对 MCDC 类驱动器无效）。
DIGOUT	数字输出	设置 Fault 为数字输出端，同时将其电平变为低。
DIRIN	转向控制输入	设置 Fault 为数字输入端，输入信号的电平高低决定电机的转向。
REFIN	限位开关输入	设置 Fault 为数字输入端，接收定位或限位开关信号。

关于 REFIN 和 DIRIN 功能，已在前文有关章节做了详细介绍。

作为故障指示

作为 ERROUT 使用时，当发生如下情况时，输出故障指示信号：

- 超越了 LPC 或 LCC 所限制的电流大小；
- 速度偏差过大，超过了 DEV 所设置的容许偏差范围；
- 输入过压；
- 驱动器过热。

为忽略瞬时过载，例如电机加速时的瞬时过流等，可设置为某故障发生并持续一定时间后，Fault 才给出指示：

指令	功能	详细说明
DCE	延时报障	设置输出故障指示时，故障现象需要持续的时间，单位：1/100s。

举例：

- DCE200 →仅当故障现象持续 2 秒以上时，Fault 才给予指示。

出现上述故障之一时，也可将相应的紧急对象发送到CAN。请参阅对象 0x2320 中关于错误掩码的定义，仅当设置好字位 1 时，才会发送错误状态。在 6.2 章节制造商定义的对象中，关于FAULHABER错误寄存器的部分内容对此也有具体描述。

作为脉冲信号输出（MCDC 类驱动器无效）

作为 ENCOUT 使用时，Fault 将输出脉冲信号。该信号从无刷电机的霍尔传感器采集生成，可设置为电机每旋转一圈输出若干个脉冲，但脉冲的最高输出频率不超过 4 000 Hz。为改善输出波形，建议在 Fault 与+24V 之间接入一合适的上拉电阻。

指令	功能	详细说明
LPN	设置输出的脉冲数	设置电机每旋转一圈，驱动器所输出的脉冲数，范围：1~255。

举例：

- LPN16 →电机每旋转一圈输出 16 个脉冲。例如当电机速度为 5 000rpm 时，输出的脉冲频率即为 5 000÷60×16＝1 333Hz。

电机高速运行时，如果 LPN 设置过大，将有可能导致脉冲输出频率的理论值超过上限（4 000Hz），此时的脉冲频率将不能反应电机的真实速度。有效范围内的脉冲频率可精确反应电机速度，但有可能产生滞后而与即时速度并不同步。通过对脉冲的计数还可以获取电机位置，但应注意单通道的脉冲输出无法判别电机转向，因此将脉冲作为位置计数时，电机只能单向旋转，同时也应保证脉冲频率在 4 000Hz 以内。

作为数字输出

作为 DIGOUT 使用时，Fault 将成为一个普通数字输出端。下列指令可设置端口状态：

指令	功能	详细说明
CO	清除输出信号	将 Fault 置于低电平。
SO	信号输出	将 Fault 置于高电平。
TO	切换输出端状态	翻转 Fault 电平状态。

3.6、技术信息

3.6.1、正弦换向

3564K024B CS 和 MCBL3003/06 S 采用了所谓的“正弦换向”技术，该技术可精确控制电机转子的位置，这可以在最大程度上保证电机转动平稳并抑制其转矩波动，在电机转速非常低时效果依然理想，同时也让电机的运行噪音极低。

目前，正弦换向还融入了“平顶调制”技术，可以提高调制精度 15%以上，这让电机的空载转速得到进一步提高。使用 SIN0 指令，系统调制精度最高可提升 30%以上。SIN0 表示电机高速转动时，正弦换向将转变为间歇换向，这在高速、低速全范围内均可实现完美调节。

指令	功能	详细说明
SIN	正弦换向	1：仅采用正弦换向； 0：高速时采用间歇换向（可实现高速、低速全范围调节）。

3.6.2、电流控制器与 I^2t 电流限制

驱动器内置了电流控制器，可间接地实现转矩限制。可设置以下参数：

指令	功能	详细说明
LPC	设置峰值电流	设置峰值工作电流的最大值，范围：0~12 000mA。
LCC	设置连续电流	设置连续工作电流的最大值，范围：0~12 000mA。
CI	设置电流积分系数	设置电流控制器的积分常数，范围：1~255。

1、 峰值电流

LPC8000 →设置峰值工作电流的最大值为 8 000mA。

设置峰值电流的意义在于防止驱动器内部功放模块过热而烧毁。

2、 连续电流

LCC2800 →设置峰值工作电流的最大值为 2 800mA。

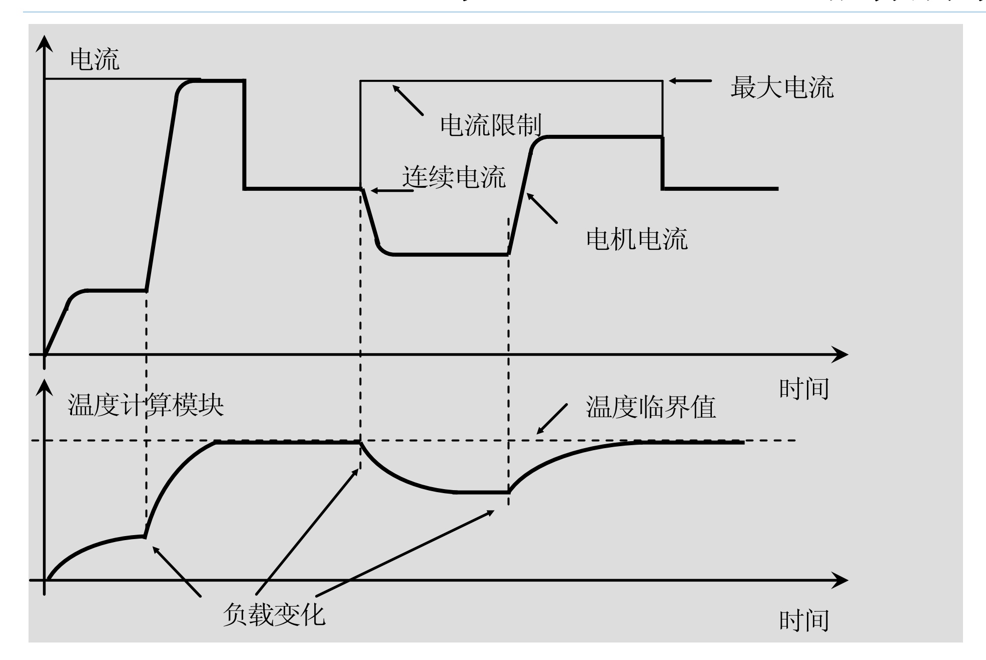
当功放模块温度升高到临界点时，最大工作电流将由 LPC 值自动切换到 LCC 值。

电流控制器的工作模式

LPC 限制在驱动器启动时即生效。电机负载增加时，电流消耗也同步增加，当达到 LPC 值时，驱动器启动电流限制，将电流限制在 LPC 值内。

驱动器的温度探测电路与功放模块同时工作，探测电路实时监测着功放模块的温升。当温度上升到临界点时，驱动器最大输出电流自动降至 LCC 值。只有当电机负载减轻（即驱动器输出电流减小）、功放模块温度降低到临界点以下时，驱动器才允许以 LPC 值继续工作。

通过选择合适的 LCC 值，I^2t 限流功能可防止电机过热而损坏。同时，它还能保证电机在重载时，依然有优异的动态响应性能。



上图即为 I^2t 限流功能的简单示意。

3.6.3、过热保护

如果功放模块或 3564K024B CC 的电机绕组温度超过规定值，驱动器将关闭功放输出、电机停车。必须达到以下条件后，电机方可恢复运行：

- 温度下降到规定值以下；
- 设置电机目标速度为零；
- 电机实际速度低于 50rpm。

如何获取驱动器外壳和功放模块的温度

通过对电流测量计算出功耗，继而计算出外壳温度。而功放模块和电机绕组（指 3564K24B CC）温度则是通过内建的温升模型计算获得。这是一种对电机进行过热保护的常用方式。

3.6.4、欠压监测

电源电压低于下限时，驱动器将关闭功放输出而其余部分仍在工作。当电压恢复到正常范围内时，功放输出电路将自动重启。

3.6.5、过压调节

当电机被作为发电机使用（例如电机被动旋转）时，电机的电源输入端将产生感应电动势，它无法被常规的驱动器输出端消化，驱动器输出端电压将会因此升高。随电机速度增加，电压将有可能超过上限。

为避免上述情形损坏驱动器，3564K024B CC 和 MCBL3006 C 设计有一个电流相位调节器，当输出端电压超过上限（32V）时，将自动调整驱动电流相角而加大耗电量。对于 MCDC3006 C，则设计有专门的镇流电路，当电压超过上限（32V）时，镇流电路将自动启动以消耗电能。上述方式能抵消电机的感应电动势，确保驱动器输出端电压在 32V 以内。这种方法可以有效保证电机运行和紧急制动时，不至于损坏驱动器。

3.6.6、驱动器参数调节

驱动器出厂时，所有参数的设置都尽可能地兼顾通用性，而具体应用不可能千篇一律，所以必须再对驱动器参数作优化调整。下面将介绍简单实用的调整方式。

默认情况下，驱动器对各参数的采样周期为 100μs，根据需要最大可调至 2ms。以下是各可调参数：

指令	功能	详细说明
POR	设置速控比例系数	设置驱动器速控电路的放大比例，范围：1~255。对应对象：0x60F9
I	设置速控积分系数	设置驱动器速控电路的积分系数，范围：1~255。对应对象：0x60F9
PP	设置位控比例系数	设置驱动器位控电路的放大比例，范围：1~255。对应对象：0x60FB
PD	设置位控微分系数	设置驱动器位控电路的微分系数，范围：1~255。对应对象：0x60FB
SR	设置采样周期	设置驱动器速控电路的采样周期，为 100μs 的倍数，范围：1~20。

常规调节方式

1、 设置驱动器的速控参数：

1）、 首先必须根据编码器分辨率来选择合适的采样周期 SR，若发现编码器脉冲丢失，则需降低 SR（例如 ENCRES256 对应 SR18）。对于带线性霍尔传感器的无刷伺服电机，位置精度可达 1/3 000 圈，推荐设置为 SR1（最小，100μs）。初始设置如下：

- POR8 →速控比例系数=8；
- I20 →速控电流积分系数=20；
- V1000 →速度为具体应用中，最高速度的 1/3（假设值）；
- AC10000 →加速度设置为具体应用中的最高值（假设值）；

2）、 POR13 →增大速控比例系数，在初始设置的基础上加 5；

3）、 V2000 →将速度由开始的 1/3 最高速度提高到 2/3（假设值）；

4）、 V1000 →将速度由最高速度的 2/3 调回至 1/3，注意观察电机是否运行平稳（假设值）；

5）、 重复 2）到 4）直到驱动器工作不稳定、发生振荡，此时再逐渐减小 POR，直到其恢复稳定。

6）、 参照 2）到 5）方式设置速控的电流积分系数 I。

2、 设置驱动器的位控参数：

1）、 初始设置如下：

- PP8 →位控比例系数=8；
- PD15 →位控微分系数=15。

2）、 必须模拟真实应用中的运动曲线并进行观察。若系统不稳定，则请缩减速控电流积分常数 I 或位控的比例系数 PP。

3）、 为优化运动曲线，接着需要增大位控比例系数 PP，直到驱动器工作不稳定、发生振荡；

4）、 通过以下两种方式重新让驱动器工作稳定：

- 增大位控微分系数 PD，例如调整为 PD20；
- 缩减速控电流积分系数 I。

4、CANopen

4.1、简介

- CANopen 是基于 CAN 硬件基础之上的一种标准软件协议。
- CiA 在其 DS301 文档中，规定了数据通讯、参数访问、设备的控制和监测等的方法。
- 采用专门的文档对各设备进行主要描述，例如 DS402 主要针对驱动器、DS401 主要针对各种输入和输出设备（常规设备类型的界定，通常由用户根据用途来判别和归类）。
- 公用数据通过对象字典管理（参数句柄通过索引和子索引建立访问入口）;
- 通讯数据对象分为两种：
  1)、PDO（过程数据对象，用于控制和监测）;
  2)、SDO（服务数据对象，用于访问对象字典）。
- 可通过网络管理远程对象，例如节点监测与同步;
- CANopen 支持一个网段中至多存在 127 个节点，波特率最高可达 1 兆字节/秒;
- 通讯以报文形式进行；所有通讯对象都有唯一的 11 位标识符，通讯的目标便据此来确定;

驱动器遵从 CiA DS301 V4 所规定的 CANopen 通讯规范，支持以下通讯对象：

- 3 路 PDO 发送;
- 3 路 PDO 接收;
- 1 路 SDO 服务;
- 1 路紧急对象;
- 带节点保护的 NMT，无心跳信号;
- 无同步信号，无时间标记对象。

CANopen对象的标识符配置依照“设备连接预设”进行（详情参阅 4.5 章节NMT—网络管理）。PDO的数据分配一经预设即长期有效（静态PDO映射）。

为了设备便于使用，很多制造商随设备提供适用于计算机和 PLC 的 CANopen 库，让用户无需深入了解设备的内部构造。Motion Manager 提供 Windows 风格的图形界面，用户可方便地访问 CAN 上各设备。

4.2、PDO（过程数据对象）

PDO 是指通过 CAN 报文帧传输的实时数据，最长 8 字节，用以控制和监测设备状态。PDO 内容由现场设备指定并负责发送和接收，例如包含控制数据 RxPDO（接收）和包含监测数据 TxPDO（发送）。

PDO只能当设备处于操作状态下方可传输（详情参阅 4.5 章节NMT—网络管理），通讯模式如下：

- 受控事件：设备状态改变后，自动发送数据;
- RTR：收到请求的报文帧后发送数据;
- 同步事件（不支持）：收到一个同步信息后发送数据。

FAULHABER 驱动器提供以下 PDO：

- RxPDO1（接收）：遵从 DSP402 的控制字;
- TxPDO1（发送）：遵从 DSP402 的状态字;
- RxPDO2（接收）：FAULHABER 指令;
- TxPDO2（发送）：FAULHABER 应答数据（RTR）;
- RxPDO3（接收）：FAULHABER 参数解析配置;

- TxPDO3（发送）：FAULHABER 被解析的参数（RTR）。

RxPDO1：控制字

11 位标识符	2 字节用户数据	
0x200（512D）+节点序号	LB	HB

其中包含了 16 位控制字，符合CiA DSP402 规范，用以控制驱动器的状态机。这里PDO涉及对象字典中的对象索引 0x6040。关于数据位分配的具体描述请参阅第 6.3.1 章节设备控制。

TxPDO1：状态字

11 位标识符	2 字节用户数据	
0x180（384D）+节点序号	LB	HB

其中包含了 16 位状态字，符合CiA DSP402 规范，用以显示驱动器的状态。这里PDO涉及对象字典中的对象索引 0x6041。关于数据位分配的具体描述请参阅第 6.3.1 章节设备控制。

RxPDO2：FAULHABER 指令

11 位标识符	5 字节用户数据				
0x300（768D）+节点序号	指令	LLB	LHB	HLB	HHB

这是FAULHABER所定义的指令，通过FAULHABER PDO传输，对所有参数设置和控制命令均有效。5 字节用户数据可以是以下内容：首字节为具体指令，后续 4 字节为指令后跟随的变量，类型为长整型。所有可使用的指令集和含义解释，请参阅第 6.4 章节FAULHABER指令。

TxPDO2：FAULHABER 应答数据

11 位标识符	6 字节用户数据					
0x280（640D）+节点序号	指令	LLB	LHB	HLB	HHB	错误代码

通过FAULHABER PDO传输的被请求数据。某些FAULHABER指令具RTR功能，而这些数据则作为应答，由驱动器发送。6 字节用户数据可以是以下内容：首字节为具体指令，后续 4 字节是应答的数据，类型为长整型。最后一位错误代码还可用来判断指令是否执行成功。(错误代码为 1 表示指令执行成功，其余错误代码的含义，请参阅第 6.4 章节FAULHABER指令。

RxPDO3：参数解析配置

11 位标识符	5 字节用户数据				
0x400（1024D）+节点序号	代码 1	代码 2	时间码	数据包	周期

该 PDO 专为设置参数解析模式服务，参数解析允许快速读出内部参数，数据结构如下：

- 字节 0：被解析的参数 1 的代码；
- 字节 1：被解析的参数 2 的代码；
- 字节 2：数据传输时包含时间码（1/0）；
- 字节 3：设置收到每一请求后，所发送的数据包的数量（默认值：1）；
- 字节 4：每个数据包之间的发送时间间隔（默认值：1ms）。

关于参数 1 和 2 的有效代码，请参阅 5.2 章节参数解析。

TxPDO3：被解析的参数

11 位标识符	3~8 字节用户数据					
0x380（896D）+节点序号	数据 0	数据 1	数据 2	……	数据 6	数据 7

根据RxPDO3 上的参数解析RTR内容，所生成的应答数据（详情参阅 5.2 章节参数解析）。

4.3、SDO（服务数据对象）

SDO 允许从对象字典中读写参数，读写访问通过 16 位索引和 8 位子索引执行。此时驱动器实际作为服务器使用，例如针对客户端（PC 或 PLC）请求而提供数据（上传）、从客户端获取数据（下载）。

字节 0	字节 1	字节 2	字节 3
指令说明	16 位索引	8 位子索引	1~4 字节参数数据

进入对象字典。SDO 有两种不同的传输模式：

- 加速传输：4 字节以内的内容采用此方式传输；
- 分段传输：超过 4 字节的内容采用此方式传输。

除了版本号设备名称的请求之外，FAULHABER 驱动器所传输的内容都在 4 字节以内，因此，这里只介绍加速传输。

一个报文帧通常包含 8 字节，结构如下：

读取对象字典：客户端→服务器，上载请求：

11 位标识符	8 字节用户数据							
0x600（1536D）+节点序号	0x40	索引 LB	索引 HB	子索引	0	0	0	0

服务器→客户端，上载应答：

11 位标识符	8 字节用户数据							
0x580（1408D）+节点序号	0x4x	索引 LB	索引 HB	子索引	LLB（D0）	LHB（D1）	HLB（D2）	HHB（D3）

字节 0（0x4x）指定了 D0 到 D3 的有效数据字节数和传输方式，在分段传输模式中，代码如下（数据字节≤4）：

- D0 中 1 个数据字节，字节 0=0x4F；
- D0-D1 中 2 个数据字节，字节 0=0x4B；
- D0-D2 中 3 个数据字节，字节 0=0x47；
- D0-D3 中 4 个数据字节，字节 0=0x43。

写入对象字典：客户端→服务器，下载请求：

11 位标识符	8 字节用户数据							
0x600（1536D）+节点序号	0x2x	索引 LB	索引 HB	子索引	LLB（D0）	LHB（D1）	HLB（D2）	HHB（D3）

字节 0（0x2x）指定了 D0 到 D3 的有效数据字节数和传输方式，在分段传输模式中，代码如下（数据字节≤4）：

- D0 中 1 个数据字节，字节 0=0x2F；
- D0-D1 中 2 个数据字节，字节 0=0x2B；
- D0-D2 中 3 个数据字节，字节 0=0x27；
- D0-D3 中 4 个数据字节，字节 0=0x23。

如果没有指定数据的字节数，则字节 0 的值必须为 0x22。

服务器→客户端，下载应答：

11 位标识符	8 字节用户数据							
0x580（1408D）+节点序号	0x60	索引 LB	索引 HB	子索引	0	0	0	0

SDO 传输中如果出现错误：

客户端→服务器：

11 位标识符	8 字节用户数据							
0x600（1536D）+节点序号	0x80	索引 LB	索引 HB	子索引	错误 0	错误 1	错误 2	错误 3

服务器→客户端：

11 位标识符	8 字节用户数据							
0x580（1408D）+节点序号	0x80	索引 LB	索引 HB	子索引	错误 0	错误 1	错误 2	错误 3

- 错误 3：错误级别；
- 错误 2：错误代码；
- 错误 1：HB 上的其它错误代码；
- 错误 0：LB 上的其它错误代码。

错误级别	错误代码	附加代码	详细说明
0x05	0x03	0x0000	触发位没有交替跳变。
0x05	0x04	0x0001	错误或未知的 SDO 指令。
0x06	0x01	0x0000	不支持对该对象的访问。
0x06	0x01	0x0002	试图对只读对象执行写操作。
0x06	0x02	0x0000	对象字典中不存在当前对象。
0x06	0x04	0x0041	对象无法映射至 PDO。
0x06	0x04	0x0042	所映射对象的数目和（或）长度超过 PDO 限定。
0x06	0x04	0x0043	常规参数不兼容。
0x06	0x04	0x0047	常规设备内部不兼容。
0x06	0x06	0x0000	硬件错误导致访问中止。
0x06	0x07	0x0010	未知的数据类型或参数长度不符。
0x06	0x07	0x0012	数据类型不符，参数长度过大。
0x06	0x07	0x0013	数据类型不符，参数长度过小。
0x06	0x09	0x0011	子索引不可使用。
0x06	0x09	0x0030	常规参数范围出错。
0x06	0x09	0x0031	数值范围错误：参数值过大。
0x06	0x09	0x0032	数值范围错误：参数值过小。
0x06	0x0A	0x0023	需求的资源无效。
0x08	0x00	0x0021	由于本地控制而导致无法访问。
0x08	0x00	0x0022	由于驱动器当前状态而导致无法访问。

4.4、紧急对象（错误消息）

当系统有错误出现时，将通过紧急对象向总线上的错误处理发出通知。

紧急对象固定由 8 字节组成,格式如下：

11 位标识符	8 字节用户数据							
0x80（128D）+节点序号	错误 0（LB）	错误 1（HB）	错误寄存号	0	0	0	0	0

用户数据中，前两字节包含了 16 位的错误代码，第三字节为错误寄存号，后续的 5 字节为设备生产商定义的附加代码。

错误寄存号用于鉴别错误类型。在对象字典中，索引 0x1001 下包含了对可能出现的错误类型的详细

描述（例如代码 4 表示通讯错误）。

下表为常见错误的代码和对应的故障范围（例如错误 0=0x10、错误 1=0x82：错误 0x8210 表示因为 PDO 长度异常而无法处理）：

错误代码（16 进制）	详细说明	错误代码（16 进制）	详细说明
0000	无错。	6100	内部软件故障。
1000	常规性错误。	8000	监测异常。
2000	电流异常。	8100	通讯异常。
2300	电流，设备输出端异常。	8110	CAN 溢出（对象丢失）。
2310	持续过流。	8120	被动模式下 CAN 故障。
3000	电压异常。	8130	系统监护或心跳报文故障。
3200	设备内部电压异常。	8140	总线恢复被中断。
3210	过压。	8150	传输通讯对象标识符冲突。
4000	温度异常。	8200	协议错误。
4200	设备温度异常。	8210	PDO 长度异常而无法处理。
4210	过热。	8220	PDO 长度超出。
5000	设备硬件异常。	8400	速度控制器异常（速度偏差越界）。
5500	数据存储故障。	8600	位置控制器异常。
5530	闪存故障。	8611	继发性错误。
6000	设备软件故障。		

4.5、NMT—网络管理

系统启动并成功初始化之后，驱动器自动进入预操作状态。此时，设备间的通讯，例如设置或获取参数，只能通过 SDO 进行——也就是 NMT 报文。驱动器对系统具有自适应功能，因此系统启动时，通常无需更改参数。对于启动完成后需要修改的参数，一般来说也只需要一次性设置，用户可在 Motion Manager 的帮助下，选择合适参数并写入闪存，这些修改后的参数立即生效，同时在系统断电重启后不会丢失。

一个 CAN 报文即可打开一个 CANopen 设备，也可以打开整个网络的全部设备：

打开一个远程节点：

11 位标识符	2 字节用户数据	
0x000	0x01	节点序号

打开所有远程节点：

11 位标识符	2 字节用户数据	
0x000	0x01	0x00

打开设备后进入操作状态，此时可通过 PDO 操作来实现所有功能。

下面是状态示意图：

（1） →系统启动，进入自动初始化过程。

（2） →初始化完成，自动进入预操作状态。

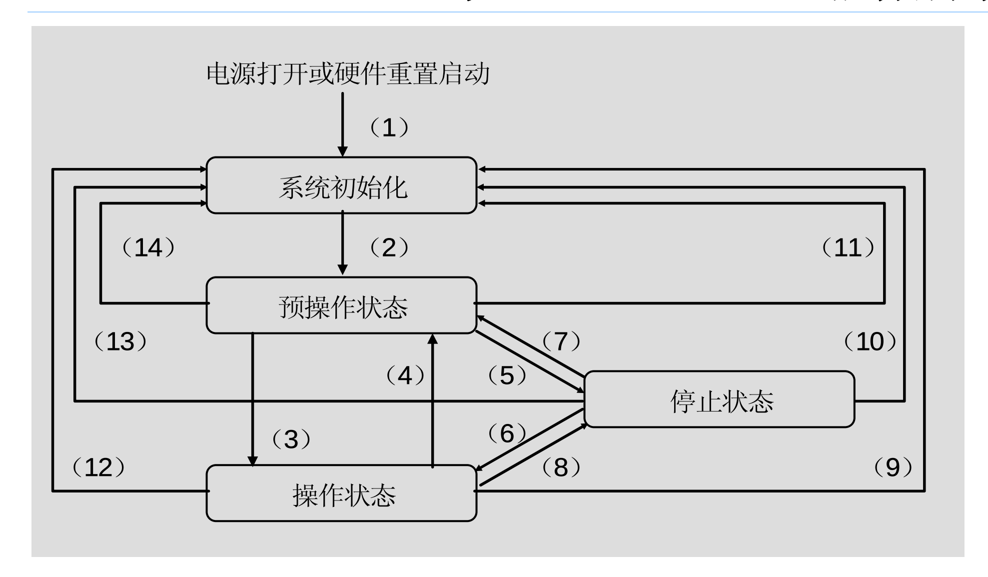
（3）、（6） →指示打开远程节点。

（4）、（7） →指示进入预操作状态。

（5）、（8） →指示停止远程节点。

（9）、（10）、（11） →指示重新启动节点。

（12）、（13）、（14） →指示重新启动通讯。



在停止（就绪）状态下，设备将被列入错误状态，无法继续通过 SDO 和 PDO 执行操作，但尚可接收 NMT 报文，通过 NMT 服务可实现设备的状态切换：

在设备标识符 0x000 上，一个 NMT 报文帧总是由两个字节组成：

11 位标识符	2 字节用户数据	
0x000	CS	节点序号

CS 是指令字，而节点序号对应节点地址（0 则表示所有节点）。

下表给出各指令详细说明的代码：

状态切换	指令字	详细说明
（1）	——	系统启动后，自动进入初始化状态。
（2）	——	初始化完成后自动进入预操作状态并发送 boot-up（启动成功）的消息。
（3）、（6）	CS=0x01（1D）	打开远程节点设备，开始支持 PDO 传输。
（4）、（7）	CS=0x80（128D）	进入预操作状态，停止 PDO 传输，但 SDO 仍有效。
（5）、（8）	CS=0x02（2D）	关闭远程节点，设备切换到错误状态，关闭 SDO 和 PDO。
（9）、（10）、（11）	CS=0x81（129D）	重启动节点，所有对象还原至系统启动后的初始状态。
（12）、（13）、（14）	CS=0x82（130D）	重启动通讯，所有通讯功能还原至系统启动后的初始状态。

Boot-Up（启动成功的消息）

系统初始化完成后，FAULHABER 驱动器将通过 CAN 报文发送 boot-up（启动成功）消息，该 CAN 报文包含一个字节（字节 0=0x00），其标示符与节点保护信息的标示符一致（0x700+节点序号）。

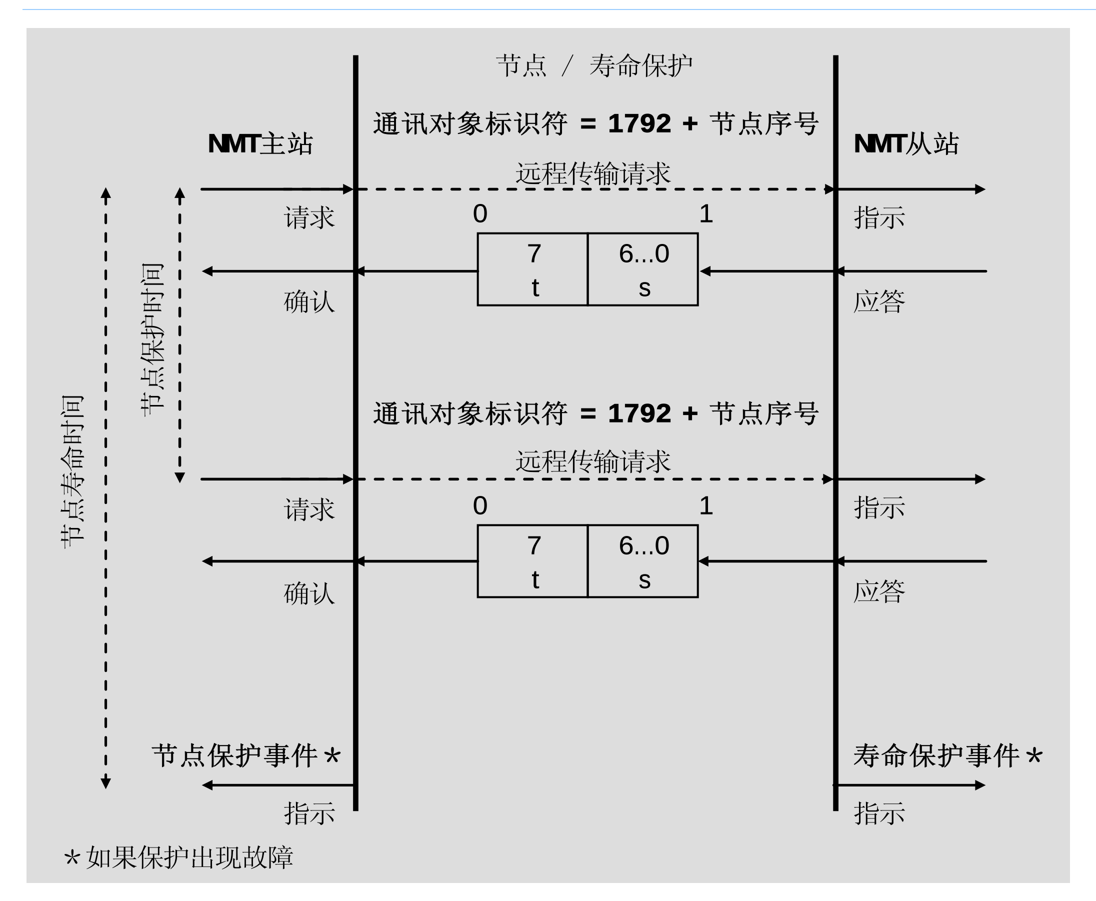
11 位标识符	1 字节用户数据
0x700（1792D）+节点序号	0x00

Boot-Up 在初始化过程结束时发送，之后就可以打开该设备并进行配置。

节点保护

当前设备状态可通过节点保护对象查询。主站通过远程帧发出查询请求（查询请求帧）到被监测的目标节点，目标节点则通过监测报文应答，该报文内容包含设备当前状态和一位触发跳变位。

下面是节点保护的图解：



其中 t 表示触发位，初始值为 0，每一应答报文中，它的值都会改变；s 则表示状态：

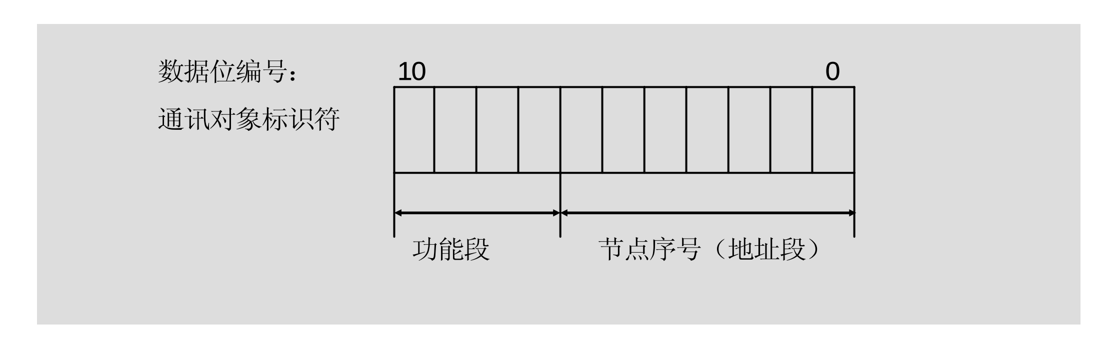
s=0x04（4D）：停止（就绪）状态；

s=0x05（5D）：操作状态；

s=0x7F（127D）：预操作状态；

标识符的分配

CANopen 通过“预定义设置”为最重要的对象分配默认标识符。它们由 7 位节点序号（地址段）和 4 位功能段组成，与下表一致：



FAULHABER 驱动器只能使用默认的标识符，不可更改！

对象	功能代码（二进制）	生成的通讯对象标识符	索引中的通讯参数
网络管理	0000	0	——
同步	0001	128（80h）	1005h
时间标记对象	0010	256（100h）	1012h
对象	功能代码（二进制）	生成的通讯对象标识符	索引中的通讯参数

紧急	0001	129（8h）-255（FFh）	1014h、1015h
PDO1（发送）	0011	385（181h）-511（1FFh）	1800h
PDO1（接收）	0100	513（201h）-639（27Fh）	1400h
PDO2（发送）	0101	641（281h）-767（2FFh）	1801h
PDO2（接收）	0110	769（301h）-895（37Fh）	1401h
PDO3（发送）	0111	897（381h）-1023（3FFh）	1802h
PDO3（接收）	1000	1025（401h）-1151（47Fh）	1402h
SDO（发送）	1011	1409（581h）-1535（5FFh）	1200h
SDO（接收）	110	1537（601h）-1633（67Fh）	1200h
网络错误管理	1110	1793（701h）-1919（77Fh）	

4.6、对象字典入口

CANopen 中，对象的参数设置和管理都是通过对象字典进行。对象字典可划分为三部分：

1、 通讯参数区间（索引范围：0x1000 – 0x1FFFF）;
2、 提供给设备制造商定义的区间（索引范围：0x2000 – 0x5FFFF）;
3、 泛指标准设备的区间。

第一区间遵从 DS301 的定义；第二区间由设备制造商的产品所指定；第三区间为 DSP402 所定义的设备类型，FAULHABER 驱动器归属其中。

所有对象都可通过其索引和子索引来引用（SOD 协议）。

所有可用的对象分类

1、 遵从 DS301 所定义的通讯对象：

索引	对象（符号名）	名称	类型	属性
0x1000	变量	设备类型。	无符号 32 位整型	只读
0x1001	变量	错误寄存号。	无符号 8 位整型	只读
0x1003	数组	预定义的错误区间。	无符号 32 位整型	只读
0x1008	变量	制造商定义的设备名称。	字符串	常数
0x1009	变量	制造商定义的硬件版本。	字符串	常数
0x100A	变量	制造商定义的软件版本。	字符串	常数
0x100C	变量	保护时间。	无符号 16 位整型	可读写
0x100D	变量	寿命时间因数。	无符号 8 位整型	可读写
0x1010	数组	存储参数。	无符号 32 位整型	可读写
0x1011	数组	恢复默认参数。	无符号 32 位整型	可读写
0x1014	变量	紧急对象在通讯对象中的标识符。	无符号 32 位整型	只读
0x1018	记录值	对象身份（产品软、硬件信息）	身份信息（23h）	只读
		SDO 服务器参数		
0x1200	记录值	第 1 路 SDO 服务器的 SDO 参数。	参数（22h）	只读
		PDO 接收通讯参数		
0x1400	记录值	第 1 路 PDO 接收的 PDO 参数。	指令参数（20h）	可读写
0x1401	记录值	第 2 路 PDO 接收的 PDO 参数。	指令参数（20h）	可读写
0x1402	记录值	第 3 路 PDO 接收的 PDO 参数。	指令参数（20h）	可读写
		PDO 接收映射参数		

0x1600	记录值	第 1 路 PDO 接收的 PDO 映射。	映射（21h）	只读
0x1601	记录值	第 2 路 PDO 接收的 PDO 映射。	映射（21h）	只读
0x1602	记录值	第 3 路 PDO 接收的 PDO 映射。	映射（21h）	只读
		PDO 发送通讯参数		
0x1800	记录值	第 1 路 PDO 发送的 PDO 参数。	指令参数（20h）	可读写
0x1801	记录值	第 2 路 PDO 发送的 PDO 参数。	指令参数（20h）	可读写
0x1802	记录值	第 3 路 PDO 发送的 PDO 参数。	指令参数（20h）	可读写
		PDO 发送映射参数		
0x1A00	记录值	第 1 路 PDO 发送的 PDO 映射。	映射（21h）	只读
0x1A01	记录值	第 2 路 PDO 发送的 PDO 映射。	映射（21h）	只读
0x1A02	记录值	第 3 路 PDO 发送的 PDO 映射。	映射（21h）	只读

2、 驱动器中遵从 DSP402 的泛指对象：

索引	名称	类型	属性	详细说明
0x6040	控制字	无符号 16 位整型	可读写	驱动控制参数
0x6041	状态字	无符号 16 位整型	只读	状态显示
0x6060	操作模式	8 位整型	只写	改变操作模式
0x6061	显示操作模式	8 位整型	只读	当前设置的操作模式
0x6062	目标位置值	32 位整型	只读	最终目标位置
0x6063	实际位置值	32 位整型	只读	实际增量位置
0x6064	实际位置值	32 位整型	只读	实际位控比例
0x6067	位置窗口	无符号 32 位整型	可读写	目标位置窗口
0x6068	位置窗口时间	无符号 16 位整型	可读写	目标位置窗口中的时间
0x6069	传感器所反馈的速度值	32 位整型	只读	当前速度值
0x606B	目标速度值	32 位整型	只读	预设的目标速度值
0x606C	实际速度值	32 位整型	只读	当前速度值
0x606D	速度窗口	无符号 16 位整型	可读写	速度窗口
0x606E	速度窗口时间	无符号 16 位整型	可读写	速度窗口的时间
0x606F	初始速度值	无符号 16 位整型	可读写	初始的速度值
0x6070	初始速度时间	无符号 16 位整型	可读写	低于初始速度的时间
0x607A	目标位置	32 位整型	可读写	目标位置
0x607C	寻零偏移	32 位整型	可读写	参考点的偏移
0x607D	软件限位	数组	可读写	区域限制
0x607E	极性	无符号 8 位整型	可读写	极性（电机旋转方向）
0x607F	最大复合速度	无符号 32 位整型	可读写	最高速度
0x6081	复合速度	无符号 32 位整型	可读写	最高速度
0x6083	复合加速度	无符号 32 位整型	可读写	加速度值
0x6084	复合负加速度	无符号 32 位整型	可读写	减速时的加速度
0x6085	快速停机时的负加速度	无符号 32 位整型	可读写	紧急制动时的加速度值
0x6086	复合运动类型	16 位整型	只读	运动曲线的轮廓
0x6093	位置因数	数组	可读写	位置因数
0x6096	速度因数	数组	可读写	速度因数
0x6097	加速度因数	数组	可读写	加速度因数
0x6098	寻零方式	8 位整型	可读写	寻零方式

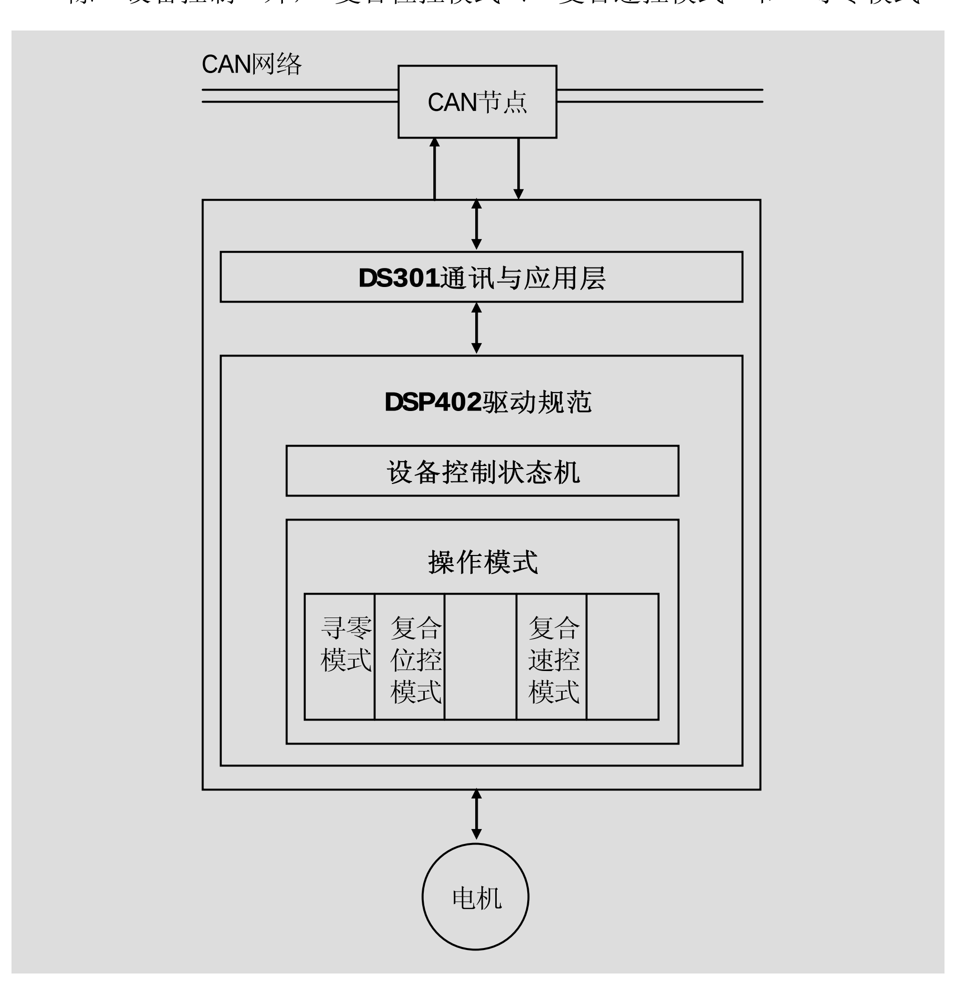
0x6099	寻零速度	数组	可读写	寻零速度
0x609A	寻零加速度	无符号 32 位整型	可读写	寻零加速度
0x60F9	速控参数设置	数组	可读写	速度控制器的参数设置
0x60FA	作用于电机的控制效果	32 位整型	只读	驱动器输出
0x60FB	位参数设置	数组	可读写	位置控制器的参数设置
0x60FF	目标速度	32 位整型	可读写	目标速度
0x6510	驱动器数据	记录值	可读写	驱动信息

以上对象的详细说明也解释，请参阅第 6 章节参数详解。

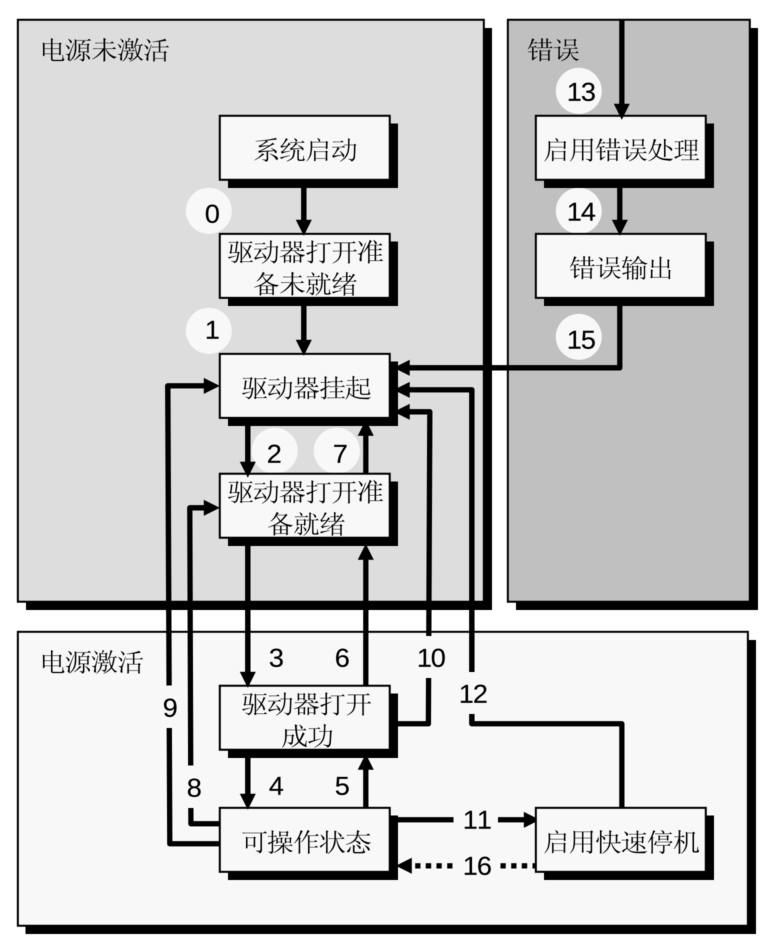
4.7、驱动控制（设备控制）

FAULHABER 驱动器支持 CiA DSP402 规范中所定义的驱动控制方式。作为一个标准对象，基于 CiA DS301 的通讯协议可对驱动器执行配置和控制。

除“设备控制”外，“复合位控模式”、“复合速控模式”和“寻零模式”一并支持。



在 CANopen 中，驱动器的所有动作和状态都通过状态机映射。设备状态可通过控制字控制，而设备的当前状态则由状态字表达。



系统启动并完成初始化之后，驱动器立即进入挂起状态。

仅当设备处于操作状态下，才能改变改变设备。（详情参阅 4.5 章节NMT—网络管理）。

使用停机指令，可将驱动器置于打开准备就绪状态（转变 2）。

使用打开指令激活驱动器电源，驱动器进入打开成功状态（转变 3）。

使用获取操作权限指令，可将驱动器转到可操作状态，正式开始工作（转变 4）。使用放弃操作权限则驱动器返回到打开成功状态，例如某段运动程序执行完毕后，驱动器的状态返回（转变 5）。

驱动器状态转变和相关指令如下：

指令	状态转变	指令	状态转变
停机	2，6，8	放弃操作权限	5
打开	3	获取操作权限	4，16
电源关闭	7，9，10，12	错误处理重置	15
快速停机	7，10，11		

用以改变驱动器状态的指令，是通过与控制字结合的一个特殊位来实现其功能。控制字位于对象字典的索引 0x6040 下，通常使用 PDO1 传输。

关于控制字各字位的具体含义，请参阅 6.3.1 章节设备控制。

根据默认设置，驱动器状态改变后，将自动发送表达当前状态的状态字到 PDO1。要在任意时刻获取驱动器状态，可通过远程请求发送状态请求到 PDO1。状态字位于对象字典的索引 0x6041 下。

关于状态字各位的具体含义，请参与 6.3.1 章节设备控制。

5、扩展的 CAN 功能

5.1、FAULHABER 通道

在驱动器中，PDO2 是一个特殊的“FAULHABER 通道”。使用该通道，用于设置和控制驱动器的所有 FAULHABER 指令都变得简单易用。

对于 CAN 中任意可操作的驱动器，每一个 FAULHABER 指令有一 CAN 帧与之对应，连续的变量也与此类似。因此，通过 FAULHABER 通道可以对驱动器进行完全访问，或者说可以完成参数设置与功能应用的全部工作。

第 6.4 章节FAULHABER指令详细而完整地介绍了FAULHABER指令。

5.2、参数解析

通过PDO3 可实现对操作数据的解析，也就是可实现数据在线读取，延迟不超过 1ms。通过RxPDO3 对解析对象等进行必要设置后，所需要的数据将经由TxPDO3 传输（详情参阅 4.2 章节PDO）。

解析功能的配置：

字节	功能
0	模式参数 1。
1	模式参数 2，值为 255 则表示不起作用。
2	选择是否跟随时间码，1=包含时间码；0=不包含时间码。
3	设置对于每次请求，所应答的数据包数量，默认值为 1。
4	设置每个数据包发送的时间间隔（单位：ms），默认值为 1。

以下数据为参数 1 和参数 2 的有效值：

- 0：电机的当前实际速度（16 位整型，rpm）；
- 1：电机的目标速度（16 位整型，rpm）；
- 2：驱动器输出（16 位整型）；
- 24：电机当前所消耗的电流（无符号 16 位整型，mA）；
- 44：外壳温度（无符号 16 位整型，℃）；
- 46：电机的线圈温度（无符号 16 位整型，℃）；
- 200：电机当前的实际位置（32 位整型，增量）；
- 201：电机的目标位置（32 位整型，增量）。

数据请求：

数据请求和应答都通过 TxPDO3 传输。根据参数 1 和参数 2 的不同模式，应答内容可能是 3~8 字节。

1、 模式参数 1 的值在 0~15 之间，模式参数 2=255（不起作用）：

→3 字节：第 1 字节：低位字节数据；

第 2 字节：高位字节数据；

第 3 字节：时间码。

数据格式为 16 位整型。

2、 模式参数 1 的值在 16~199 之间，模式参数 2=255（不起作用）：

→3 字节：编码方式同 1。

数据格式为无符号 16 位整型。

3、 模式参数 1 的值在 200~255 之间，模式参数 2=255（不起作用）：

→5 字节：第 1 字节：最低位字节数据；

第 2 字节：第二位字节数据；

第 3 字节：第三位字节数据；

第 4 字节：最高位字节数据；

第 5 字节：时间码。

数据格式为 32 位整型。

4、 模式参数 1 的值为 1、2、3 项所列范围内的任意值，模式参数 2 小于 255：

→5 到 8 字节：字节 1~2（或 1~4）：模式参数 1 的数据；

字节 3（或 5）~4（或 6、8）：模式参数 2 的数据；

字节 5（或 7）：时间码。

模式参数 1 和 2 的数据编码方式相同。

时间码为时基（1ms）的整数倍，是与上次数据传输之间的间隔时间。若请求所应答的数据为 2 个 32 位整型，那么受 CAN 帧长度影响，将无法同时传递时间码，此时所发的请求，其第三字节必须为 0（不包含时间码），时间信息则只能通过主站获取。

6、参数详解

6.1、遵从 DS301 的通讯对象

设备类型

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x1000	0	设备类型	无符号 32 位整型	只读	无	设备类型的详细规格等

设备类型的信息，由两个 16 位字段组成：

字节：高位 低位

附加信息	设备类编号

设备类编号=0x192（402D）

错误寄存器

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x1001	0	错误寄存器	无符号 8 位整型	只读	无	预定义了可能出现的各种错误

设备可能出现的内部错误如下：

字位	错误类型	详细说明
0	有多种可能	常规错误
1	唯一	电流异常
2	唯一	电压异常
3	唯一	温度异常
4	唯一	通讯错误（内容溢出、状态错误）
5	唯一	设备参数错误
6	唯一	系统保留（始终为 0）
7	唯一	设备制造商定义

预定义的错误字段（错误存储）

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x1003	0	错误的数量	无符号 8 位整型	只读	无	所存储的错误数量
	1	标准错误字段	无符号 32 位整型	只读	无	最终的错误
	2	标准错误字段	无符号 32 位整型	只读	无	其它的错误

存储的错误包含了对最终错误的详细描述。标准错误字段由两个 16 位字段组成：

字节：高位 低位

附加信息	错误代码

错误通过紧急对象报告。关于各种错误的详细说明，请参阅 4.4 章节紧急对象（错误消息）。

通过在子索引 0 写入“0”，可以清除所存储的错误信息。如果自系统启动后，一直没有错误发生，则子索引 0 下始终为 0。

设备制造商名称

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x1008	0	制造商名称	可见字符串	常数	无	设备名称

使用 SDO 协议中的分段传输，可读取设备名称，其长度可以超过 4 字节。

制造商硬件版本

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x1009	0	制造商硬件版本	可见字符串	常数	无	硬件版本

使用 SDO 协议中的分段传输，可读取设备硬件版本，其长度可以超过 4 字节。

制造商软件版本

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x100A	0	制造商软件版本	可见字符串	常数	无	软件版本

使用 SDO 协议中的分段传输，可读取设备软件版本，其长度可以超过 4 字节。

监测保护时间

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x100C	0	节点保护时间	无符号 16 位整型	可读写	0	节点保护的监测时间

保护时间以 ms 为单位，0 则表示停止监测。

寿命因数

索引	子索引	名称	类型	属性	默 认	详细说明
0x100D	0	节点寿命因数	无符号 8 位整型	可读写	0	节点寿命保护时间

根据节点保护协议，节点寿命因数乘上保护时间即为节点寿命时间。（详情参与第 4.5 章节NMT—网络管理），0 则表示停止寿命保护。

参数存储

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x1010	0	支持多个子索引	无符号 8 位整型	只读	3	保存选项的数目
	1	保存所有参数	无符号 32 位整型	可读写	1	保存所有参数
	2	只保存通讯参数	无符号 32 位整型	可读写	1	只保存通讯参数
	3	只保存应用参数	无符号 32 位整型	可读写	1	只保存应用参数

此对象用以选择需要存入存储器（非易失性闪存）的参数类型，可通过读取操作获得。

写入一个保存信号到相关子索引，将触发存储器的写入操作：

信号：	高位			低位
国际标准化组织（ISO）8859 字符集（ASCII码）	e	v	a	s
16 进制	65h	76h	61h	73h

FAULHABER 指令中的“SAVE”与此效果等同。

注意：闪存的写入操作不可超过 10 000 次，否则将无法保证其可靠性。

参数重置

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x1011	0	支持多个子索引	无符号 8 位整型	只读	3	重置选项的数目
	1	重置所有参数	无符号 32 位整型	可读写	1	将所有参数恢复至默认值

	2	只重置通讯参数	无符号 32 位整型	可读写	1	只恢复通讯参数至默认值
	3	只重置应用参数	无符号 32 位整型	可读写	1	只恢复应用参数至默认值

此对象用以选择需要重置的参数类型（发送状态），可通过读取操作获得。

写入一个载入信号到相关子索引，将触发存储器的重置参数操作：

信号：	高位		低位	
国际标准化组织（ISO）8859 字符集（ASCII 码）	d	a	o	l
16 进制	64h	61h	6Fh	6Ch

所选择的参数将在系统下次启动后恢复至默认值。

要将重置（选择性重置）后的参数作为固定参数，必须在系统重新启动后使用“保存”指令。

紧急消息的通讯对象标识符

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x1014	0	紧急消息的对象标示符	无符号 32 位整型	只读	0x80+节点标示符	紧急对象在 CAN 中的标识符

身份对象

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x1018	0	项目数	无符号 32 位整型	只读	4	对象的项目数
	1	生制造商编号	无符号 32 位整型	只读	327	制造商的标识符号，FAULHABER：327
	2	产品代码	无符号 32 位整型	只读	3 150	产品的标识号
	3	修订号	无符号 32 位整型	只读		产品版本号
	4	序列号	无符号 32 位整型	只读		产品序列号

SDO 服务参数

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x1200	0	项目数	无符号 8 位整型	只读	2	对象的项目数
	1	通讯对象标识客户端→主机（接收）	无符号 32 位整型	只读	0x600+节点标识符	RxSDO（接收）服务上的 CAN 对象标识符
	2	通讯对象标识主机→客户端（发送）	无符号 32 位整型	只读	0x580+节点标识符	TxSDO（发送）服务上的 CAN 对象标识符

PDO1 接收上的通讯参数

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x1400	0	项目数	无符号 8 位整型	只读	2	对象的项目数
	1	通讯对象标识	无符号 32 位整型	只读	0x200+节点标识符	RxPDO1 上的 CAN 对象标识符
	2	传输类型	无符号 8 位整型	只读	255	PDO 传输类型

PDO2 接收上的通讯参数

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x1401	0	项目数	无符号 8 位整型	只读	2	对象的项目数
	1	通讯对象标识	无符号 32 位整型	只读	0x300+节点标识符	RxPDO2 上的 CAN 对象标识符
	2	传输类型	无符号 8 位整型	只读	255	PDO 传输类型

PDO3 接收上的通讯参数

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x1402	0	项目数	无符号 8 位整型	只读	2	对象的项目数
	1	通讯对象标识	无符号 32 位整型	只读	0x400+节点标识符	RxPDO3 上的 CAN 对象标识符
	2	传输类型	无符号 8 位整型	只读	255	PDO 传输类型

PDO1 接收上的映射参数

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x1600	0	项目数	无符号 8 位整型	只读	1	对象的项目数
	1	第一映射对象	无符号 32 位整型	只读	0x60400010	参考 16 位控制字（0x6040）

PDO2 接收上的映射参数

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x1601	0	项目数	无符号 8 位整型	只读	2	对象的项目数
	1	第一映射对象	无符号 32 位整型	只读	0x23010108	参考 8 位的 FAULHABER 指令
	2	第二映射对象	无符号 32 位整型	只读	0x23010220	参考 32 位指令变量

PDO3 接收上的映射参数

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x1602	0	项目数	无符号 8 位整型	只读	5	对象的项目数
	1	第一映射对象	无符号 32 位整型	只读	0x23030108	参考 8 位的解析模式参数 1
	2	第二映射对象	无符号 32 位整型	只读	0x23030208	参考 8 位的解析模式参数 2
	3	第三映射对象	无符号 32 位整型	只读	0x23030308	参考 8 位的解析时间码设置
	4	第四映射对象	无符号 32 位整型	只读	0x23030408	参考 8 位的解析参数“数据包数量”
	5	第五映射对象	无符号 32 位整型	只读	0x23030508	参考 8 位的解析参数“时间间隔”

PDO1 发送上的通讯参数

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x1800	0	项目数	无符号 8 位整型	只读	2	对象的项目数
	1	通讯对象标识	无符号 32 位整型	只读	0x180+节点标识符	TxPDO1 上的 CAN 对象标识符

	2	传输类型	无符号 8 位整型	可读写	255	异步传输

PDO2 发送上的通讯参数

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x1801	0	项目数	无符号 8 位整型	只读	2	对象的项目数
	1	通讯对象标识	无符号 32 位整型	只读	0x280+节点标识符	TxPDO2 上的 CAN 对象标识符
	2	传输类型	无符号 8 位整型	可读写	253	异步传输，仅限 RTR

PDO3 发送上的通讯参数

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x1801	0	项目数	无符号 8 位整型	只读	2	对象的项目数
	1	通讯对象标识	无符号 32 位整型	只读	0x380+节点标识符	TxPDO3 上的 CAN 对象标识符
	2	传输类型	无符号 8 位整型	可读写	253	异步传输，仅限 RTR

PDO1 发送上的映射参数

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x1A00	0	项目数	无符号 8 位整型	只读	1	对象的项目数
	1	第一映射对象	无符号 32 位整型	只读	0x60410010	参考 16 位控制字（0x6041）

PDO2 发送上的映射参数

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x1A01	0	项目数	无符号 8 位整型	只读	3	对象的项目数
	1	第一映射对象	无符号 32 位整型	只读	0x23010108	参考 8 位的 FAULHABER 指令
	2	第二映射对象	无符号 32 位整型	只读	0x23020120	参考 32 位的数值
	3	第三映射对象	无符号 8 位整型	只读	0x23020208	参考 8 位的错误代码

PDO3 发送上的映射参数

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x1A02	0	项目数	无符号 8 位整型	只读	3	对象的项目数
	1	第一映射对象	无符号 32 位整型	只读	0x23040120	参考 32 位的解析参数 1 的值
	2	第二映射对象	无符号 32 位整型	只读	0x23040220	参考 32 位的解析参数 2 的值
	3	第三映射对象	无符号 32 位整型	只读	0x23040308	参考 8 位的时间码

6.2、制造商定义的对象

FAULHABER 指令

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x2301	0	项目数	无符号 8 位整型	只读	2	对象的项目数
	1	指令	无符号 8 位整型	可读写	0	FAULHABER 通道中

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
						的指令字
	2	变量	无符号 32 位整型	可读写	0	FAULHABER 指令中所包含的变量

该对象通过 RxPDO2 写入，始终传输最新的一条 FAULHABER 指令。

FAULHABER 指令的返回值

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x2302	0	项目数	无符号 8 位整型	只读	2	对象的项目数
	1	数值	无符号 32 位整型	只读	0	FAULHABER 指令的返回值
	2	错误	无符号 8 位整型	只读	0	错误代码，1=无错。详情参阅 6.4 章节 FAULHABER指令。

收到来自 TxPDO2 的 RTR 后，经由 FAULHABER 通道应答的内容包含上述对象，该通道同时支持传输 FAULHABER 指令的返回值。

解析配置

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x2303	0	项目数	无符号 8 位整型	只读	5	对象的项目数
	1	模式参数 1	无符号 8 位整型	可读写	0	解析模式下的参数 1
	2	模式参数 2	无符号 8 位整型	可读写	0	解析模式下的参数 2
	3	时间码	无符号 8 位整型	可读写	1	时间码数据
	4	数据包	无符号 8 位整型	可读写	1	应答请求时，每次发送数据包的数量
	5	周期	无符号 8 位整型	可读写	1	数据包发送时间间隔

以上对象通过 RxPDO3 写入，始终按照最新的解析设置进行传输。

解析的数据

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x2304	0	项目数	无符号 8 位整型	只读	3	对象的项目数
	1	数值 1	无符号 32 位整型	只读	0	参数 1 的最新数值
	2	数值 2	无符号 32 位整型	只读	0	参数 2 的最新数值
	3	时间码	无符号 8 位整型	只读	0	最新的时间码数据

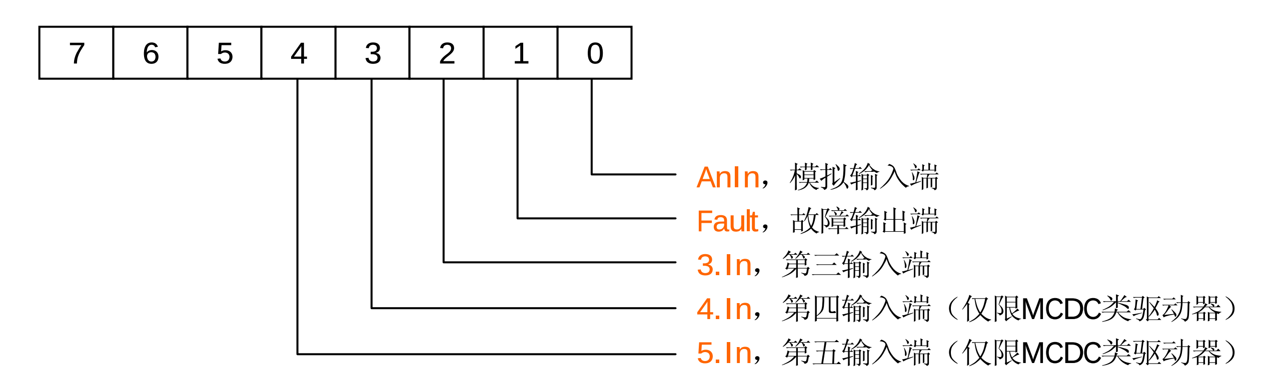
收到来自 TxPDO3 的 RTR 后，应答内容包含上述对象，同时支持传输所设置的解析参数。应答数据临时存储于缓冲区并被不断刷新。

限位开关设置

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x2310	0	项目数	无符号 8 位整型	只读	5	对象的项目数
	1	低（负）限位	无符号 8 位整型	可读写	0	低（负）限位开关
	2	高（正）限位	无符号 8 位整型	可读写	0	高（正）限位开关
	3	寻零	无符号 8 位整型	可读写	0	寻零开关 *
	4	应答	无符号 8 位整型	可读写	0	应答开关 **
	5	极性	无符号 8 位整型	可读写	7	极性开关

						1：上升沿有效 0：下降沿有效

数字输入端功能可依照以下掩码设置：



在逼近正（负）限位开关时，电机将停转。此时电机只能反向转动、重新远离限位开关（强制限位）。

*　　寻零开关只能在遵从 DSP402 的寻零模式下生效，此时将忽略极性和应答的相关设置，寻零结束后，电机的位置将被清零。

**　　应答开关通过设置状态字的第 14 位来激活指示，使用对象 0x2311 可查询被触发的具体开关。

使用 FAULHABER 指令 HB、HD、HA、HN 和 HP 后，以上设置即时生效。

应答开关

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x2311	0	触发开关	无符号 8 位整型	只读	0	触发开关

收到状态字报文后，根据状态字第 14 位的设置，该对象可用于查询具体是哪一开关被触发，开关代码为前文所述的位掩码。查询后，状态字第 14 位将被重置。

FAULHABER 错误寄存器

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x2320	0	项目数	无符号 8 位整型	只读	3	对象的项目数
	1	内部错误寄存	无符号 16 位整型	只读	0	当前内部错误，0=无错
	2	紧急掩码	无符号 16 位整型	可读写	0xFF	故障发生后，触发一紧急报文帧
	3	故障掩码	无符号 16 位整型	可读写	0	按照 DSP402 将故障类型标准化，同时改变状态机（故障状态）。
	4	故障输出掩码	无符号 16 位整型	可读写	0xFF	在 Fault 产生一个输出

以上对象描述了内部错误的处理方式。

按照以下编码，可以将错误掩码形式添加到错误类型中：

- 0x1000——软件运行产生溢出；
- 0x0004——过压；
- 0x0001——限流保护生效；
- 0x1000——CAN 错误；

- 0x0008——过热；
- 0x0002——速度偏差越界；
- 0x0010——NVRAM（非易失性存储器）故障。

6.3、DSP402 下的概要对象

设置波特率

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x2400	0	波特率	无符号 8 位整型	只读	0xFF	设置波特率

通过该对象可查询所设置的波特率，返回值为 0xFF 则表示波特率设置为自动选择。

波特率		索引	波特率		索引
1 000	千比特	0	50	千比特	6
800	千比特	1	20	千比特	7
500	千比特	2	10	千比特	8
250	千比特	3	自动		0xFF
125	千比特	4			

6.3.1、设备控制

该对象归类于为控制服务并显示驱动器状况。

控制字

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x6040	0	故障输出掩码	无符号 16 位整型	可读写	0	驱动器控制

控制字为控制设备的状态机服务，通常通过 RxPDO1 传输。控制字详细含义如下：

字位	功能	设备控制状态机指令						
		关机	启动	电源未激活	快速停机	不可操作	可操作	故障重置
0	启动	0	1	X	X	1	1	X
1	激活电源	1	1	0	1	1	1	X
2	快速停机	1	1	X	0	1	1	X
3	可操作	X	X	X	X	0	1	X
4	重设目标位置/启动寻零							
5	重启位控							
6	绝对/相对							
7	故障重置							0→1
8	挂起							
9	0							
10	0							
11	0							
12	0							
13	0							
14	0							
15	0							

功能	详细描述
重设目标位置	0：不另设新的目标位置；1：设置新的目标位置。
重启位控	0：结束当前位控并启动一个新的位控；1：中断当前位控并启动一个新的位控。
绝对/相对	0：目标位置为一个绝对位置；1：目标位置为一个相对当前位置的参考位置。
故障重置	0→1：故障重置。
挂起	0：驱动器处于可执行运动程序状态；1：停止对电机的驱动控制。

对于如何通过指令具体设置和启动位控、速控和寻零等，请参阅随后对各操作模式详解的相关内容。

状态字

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x6041	0	状态字	无符号 16 位整型	可读写	0	状态显示

状态字详细含义如下：

字位	功能	设备控制状态机指令							
		打开准备未就绪	不可打开	打开准备就绪	已打开	可操作	启用快速停机	启用错误处理	故障
0	打开准备就绪	0	0	1	1	1	1	1	0
1	已打开	0	0	0	1	1	1	1	0
2	可操作	0	0	0	0	1	1	1	0
3	故障	0	0	0	0	0	0	1	0
4	电源激活	X	X	X	X	X	X	X	X
5	快速停机	X	X	1	1	1	0	X	X
6	不可打开	0	1	0	0	0	0	0	0
7	警告								
8	0								
9	远程								
10	目标到达								
11	限位生效								
12	目标位置确定/速度为零/寻零完毕								
13	寻零错误								
14	强制应答								
15	0								

功能	详细描述
警告	未使用
远程	未使用
目标到达	0：目标位置/速度尚未到达； 1：目标位置/速度已经到达（挂起=1，驱动器输出速度已经为 0）
目标位置确定	0：新的目标位置尚未确定（复合位控模式）；1：新的目标位置已经确定。
寻零完成	0：寻零程序尚未执行完毕；1：寻零程序执行完毕。

速度	0：速度不等于零（复合速控模式）；1：速度为零。
寻零错误	0：无错； 1：错误。
强制应答	0：尚无任何限位开关被触发（通过对象 0x2311 可获悉具体的限位开关触发状况）； 1：应答开关已被触发。

在复合位控模式下，第 10 字位（目标到达）将在电机已到达目标位置时建立；在复合速控模式下则是电机已达到目标速度时建立。输入一个新的目标值后，此字位将被删除。

第 11 字位（限位生效）表示电机已经到达所限定的位置边界（位置范围限制或限位开关）。

第 12 字位（目标位置确定/速度为零）在接收到新的位控指令（控制字中包含新的目标位置值）时建立，并且与控制字中的目标位置值同步更新（位控下的握手指令）；在复合速控模式下则当电机速度为零时，该字位建立。

操作模式

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x6060	0	操作模式	8 位整型	只写	1	改变操作模式

操作模式的以下值有效：

- 1：复合位控模式（位置控制）；
- 3：复合速度模式（速度控制）；
- 6：寻零模式（寻零）；
- -1：FAULHABER 模式。

本章后面将具体介绍各操作模式。在常规工作模式（CONTMOD）下，只需通过数字方式（SOR0）给定预设参数，驱动器会在操作模式 1、3、6 间自动切换。

显示操作模式

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x6061	0	显示操作模式	8 位整型	只读	1	显示所设置的操作模式

可查询所设置的操作模式，作为应答的返回值与对象 0x6060 所定义的代码一致。

6.3.2、商群

该对象归类于转换参数，适用于驱动器内部定义值与用户定义的物理数值之间的换算。

位置因数

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x6093	0	项目数	无符号 8 位整型	只读	2	对象的项目数
	1	分子	无符号 32 位整型	可读写	1	位置因数的分子
	2	换算常数	无符号 32 位整型	可读写	1	位置因数的分母

$$位置因数=\frac{编码器脉冲个数\div分辨率\div减速箱的减速比}{换算常数}$$

在复合位控模式下，位置因数（默认值为所接编码器的分辨率）用以计算用户需要的物理位置。要让电机（可能还包含减速箱）精确达到目标位置，必须清楚位置因数，以建立物理位置与驱动器内部位置之间的换算关系。

速度因数

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明

0x6097	0	项目数	无符号 8 位整型	只读	2	对象的项目数
	1	分子	无符号 32 位整型	可读写	1	加速度因数的分子
	2	分母	无符号 32 位整型	可读写	1	加速度因数的分母

$$\text{速度因数} = \frac{\text{编码器脉冲个数}}{\text{编码器脉冲频率} \times 60}$$

速度因数（默认值：1/min）用以计算用户需要的外部运动速度。必须清楚速度因数，以建立物理速度与驱动器内部速度之间的换算关系。

加速度因数

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x6097	0	项目数	无符号 8 位整型	只读	2	对象的项目数
	1	分子	无符号 32 位整型	可读写	1	加速度因数的分子
	2	换算常数	无符号 32 位整型	可读写	1	加速度因数的分母

$$\text{加速度因数} = \frac{\text{速度单位} \times \text{编码器脉冲频率}}{\text{加速度单位} \times \text{秒}}$$

加速度因数用以设置合适的加速度值（默认值：$1/s^2$）。

加速度因数

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x607E	0	极性	无符号 8 位整型	可读写	0	极性（电机的转向）

通常可以使用以下对象改变电机转向：

- 字位 7=1：位控模式下，电机为负的转向；
- 字位 6=1：速控模式下，电机为负的转向。

6.3.3、复合位控模式

目标位置

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x607A	0	目标位置	32 位整型	可读写	0	目标位置

在复合位控模式下，目标位置是指将要驱动电机所到达的位置。该模式下，还可以对电机的速度与加速度等参数进行设置。通过位置因数换算，可以控制并驱动电机到达所需的实际位置。依照控制字的不同预设，目标位置分相对位置和绝对位置。该对象所对应的 FAULHABER 指令为 LA（指定绝对目标位置）或 LR（指定相对目标位置）。

软限位

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x607D	0	项目数	无符号 8 位整型	只读	2	对象的项目数
	1	位置下限	32 位整型	可读写	根据定义值	设置位置范围下限
	2	位置上限	32 位整型	可读写	根据定义值	设置位置范围上限

电机运行在位控模式下时，不可能超过位置范围中定义的上下限。通过位置因数换算，可以控制并锁定电机的实际位置范围。该对象所对应的 FAULHABER 指令为 LL（设置位置范围）。

最大复合速度

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x607F	0	最大复合速度	无符号 32 位整型	可读写	根据定义值	最高速度
0x6081	0	复合速度	无符号 32 位整型	可读写	根据定义值	最高速度

位控过程中的最高速度。通过速度因数换算，可以控制并驱动电机达到的实际所需的速度。该对象所对应的 FAULHABER 指令为 SP（设置最高速度）。

复合加速度

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x6083	0	复合加速度	无符号 32 位整型	可读写	根据定义值	加速度值

通过加速度因数换算，可以设置并控制电机在运动过程中的加速度。该对象所对应的 FAULHABER 指令为 AC（设置加速度）。

复合负加速度

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x6084	0	复合负加速度	无符号 32 位整型	可读写	根据定义值	减速时的加速度值

通过加速度因数换算，可以设置并控制电机在运动过程中的负加速度。该对象所对应的 FAULHABER 指令为 DEC（设置负加速度）。

制动的负加速度

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x6085	0	制动加速度	无符号 32 位整型	可读写	30 000	电机制动的加速度值

通过加速度因数换算，可以设置并控制电机在制动时的负加速度。

复合运动类型

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x6086	0	复合运动类型	16 位整型	只读	0	复合运动的类型

仅类型 0 有效：线性斜率（梯形剖面）。

控制效果

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x60FA	0	控制效果	32 位整型	只读	0	驱动器输出

该对象所对应的 FAULHABER 指令为 GRU（查询当前 PWM 信号电压）。

位控参数设置

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x60FB	0	项目数	无符号 16 位整型	只读	2	对象的项目数
	1	增益	无符号 16 位整型	可读写	根据定义值	设置位控比例系数
	2	微分系数	无符号 16 位整型	可读写	根据定义值	设置位控微分系数

用于位控的调节参数，所对应FAULHABER指令为PP（设置位控比例系数）和PD（设置位控微分系数），而对象 0x60F9 中速度控制参数P（设置速控比例系数）和I（设置速控积分系数）（详情参阅第 6.3.6 章节复合速控模式），同样会影响位控精度和效果。

预设目标位置有两种方法：

- 逐一设定：

电机到达某目标位置后，驱动器通知主机“目标位置到达”，然后获取新的目标位置并开始运动。在获取新的目标位置前，电机速度通常为零。

- 集中设定：

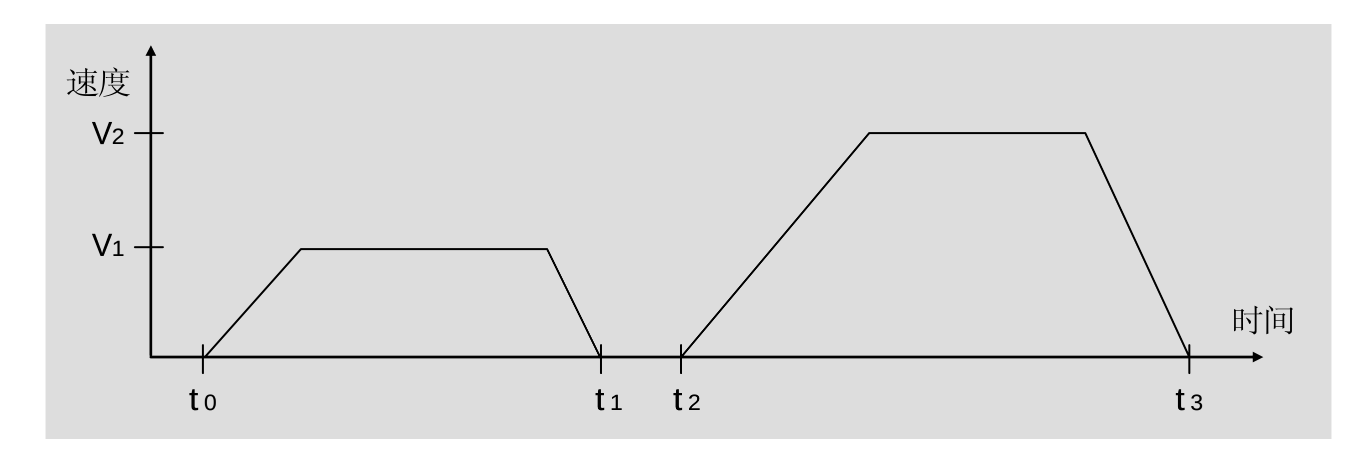
电机到达某目标位置后，立即继续朝下一个事先设置好的目标位置运动。这样可达到无停顿的连续运动效果，在两个目标位置之间，电机无需减速到零。

以上两种方法都可被控制字的第 4、5 字位（重设目标位置，重启位控）和状态字第 12 位（目标位置确定）实时改变。通过握手机制，可中断正在执行中的位控，利用这几个字位重设目标位置并启动执行。

逐一设定的步骤：

首先设置 NMT 状态为操作；驱动器状态为可操作并且操作模式（0x6060）为 OPMOD1。

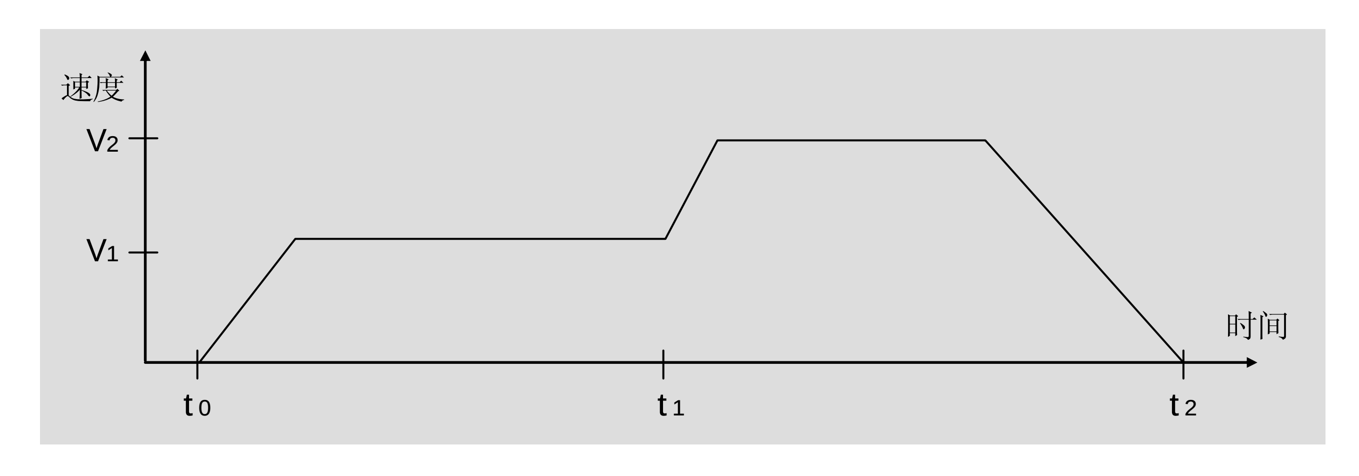
1、 根据实际需要，设置好目标位置（0x607A）；
2、 将控制字的第 4 字位（重设目标位置）设为“1”；第 5 字位（重启位控）设为“0”；第 6 字位（绝对/相对）则由目标位置类型（绝对或相对）而定；
3、 在状态字的第 12 字位（目标位置确定）设置好驱动器应答，然后开始执行位控；
4、 到达目标位置后，驱动器通过状态字第 10 字位（目标位置到达）应答。然后依照程序继续运动或接受新的目标位置（重设目标位置）。



集中设定的步骤：

首先设置 NMT 状态为操作；驱动器状态为可操作并且操作模式（0x6060）为 OPMOD1。

1、 根据实际需要设置好目标位置（0x607A）；
2、 将控制字的第 4 字位（重设目标位置）和第 5 字位（重启位控）均设为“1”；第 6 字位（绝对/相对）则由目标位置类型（绝对或相对）而定；
3、 在状态字的第 12 字位（目标位置确定）设置好驱动器应答，然后开始执行位控；
4、 可以以相对位置的方式继续设置下一目标位置（重设目标位置），新的目标位置在上一目标位置的基础上累加获得，电机将到达某一目标位置后，继续向下一目标位置运动；
5、 到达最终目标位置后，驱动器通过状态字第 10 字位（目标位置到达）应答。



6.3.4、寻零模式

这类对象应用于寻零模式。当系统启动后，若需通过限位开关校正电机位置，通常需要采用寻零程序。

寻零偏移

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x607C	0	寻零偏移	32 位整型	可读写	0	所设定的零位与参考位置之间的偏移量

寻零方式

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x6098	0	寻零方式	8 位整型	可读写	20	各种寻零方式的选择

DSP402 V2 下定义的所有寻零方式均有效：

- 1~14：采用索引脉冲（若存在）寻零；
- 17~30：无索引脉冲寻零；
- 33、34：在索引脉冲处（若存在）寻零；
- 35：在当前位置寻零。

方式 1 和 17：在低位（负位）限位开关处寻零。

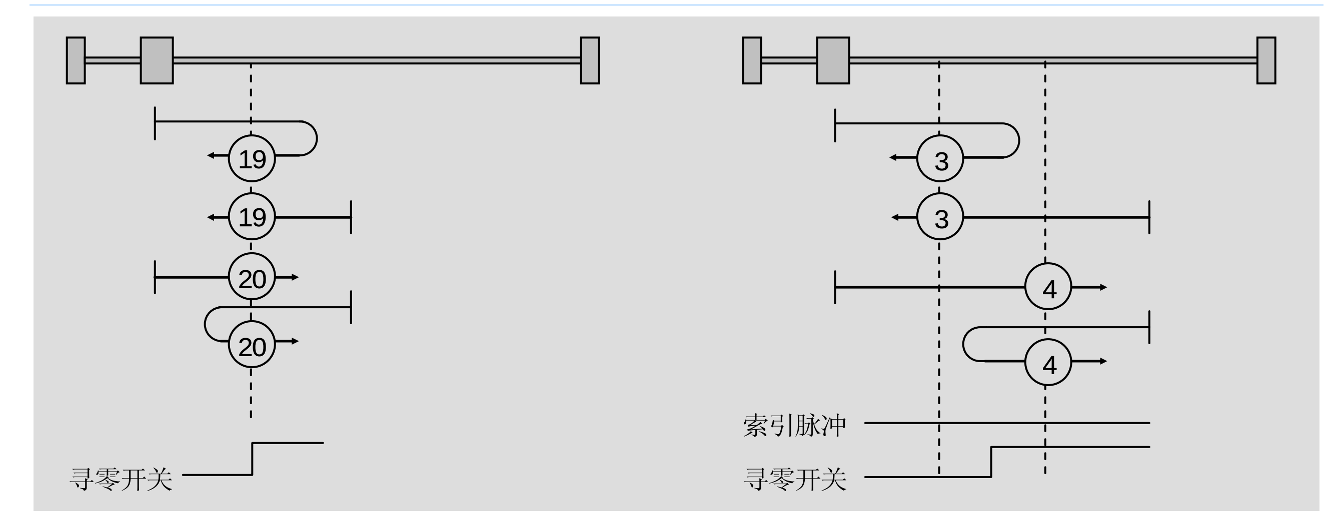
限位开关未生效时，电机启动时将向低位限位开关方向运动，直到其沿上升沿触发；如果限位开关已经生效，则电机向高位、离开此限位开关的方向运动，直到其沿下降沿触发。在方式 1 中，电机将继续向寻零点设置的下一索引脉冲运动。

方式 2 和 18：在高位（正位）限位开关处寻零。

限位开关未生效时，电机启动时将向高位限位开关方向运动，直到其沿上升沿触发；如果限位开关已经生效，则电机向低位、离开此限位开关的方向运动，直到其沿下降沿触发。在方式 2 中，电机将继续向寻零点设置的下一索引脉冲运动。

方式 3、4 和 19、20：在正寻零开关处寻零（正寻零开关）。

根据寻零开关的不同状态，电机向其中某一方向运动，直到其沿下降沿（方式 3、19）或上升沿（方式 4、20）触发。在高限位开关的方向，寻零开关只有一个上升沿。用于设置限位开关的 FAULHABER 指令 HP 同时被赋值为 1（上升沿触发）。



方式 5、6 和 21、22：在负寻零开关处寻零（负寻零开关）。

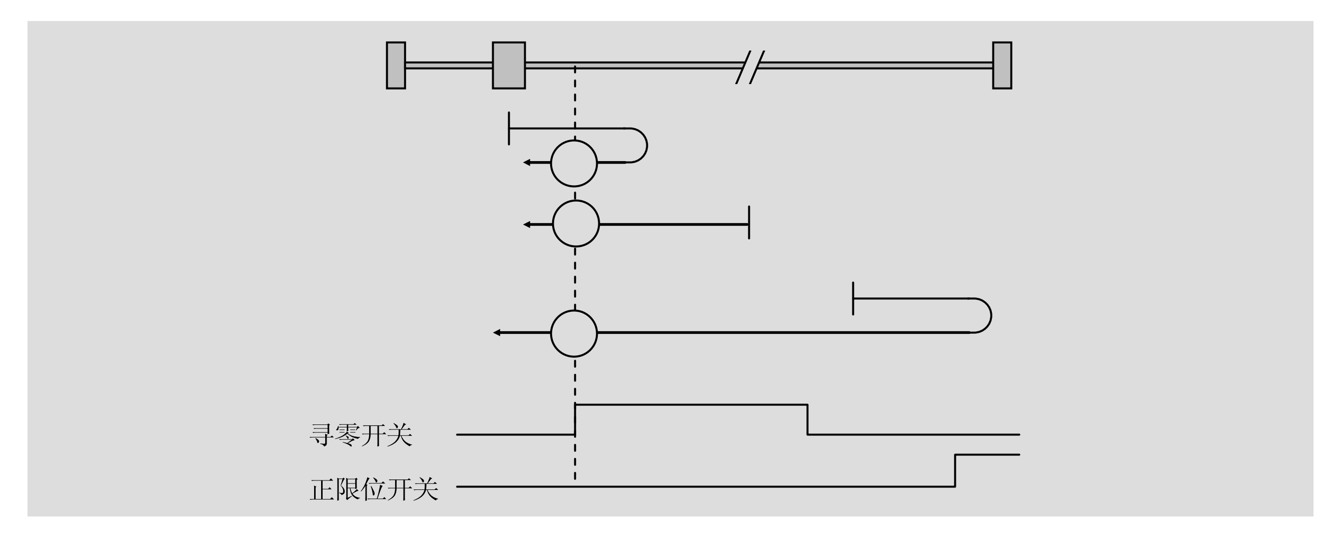
根据寻零开关的不同状态，电机向其中某一方向运动，直到其沿下降沿（方式 5、21）或上升沿（方式 6、22）触发。在高限位开关的方向，寻零开关只有一个下降沿。用于设置限位开关的 FAULHABER 指令 HP 同时被赋值为 0（下降沿触发）。

方式 7~14 和 23~30：在寻零开关处寻零（寻零开关）。

这类方式下，限位开关仅在定义的区间内生效，其特点在于上升沿和下降沿均可触发。

在方式 7~14 中，边沿被触发后电机将继续运动，直到设置的寻零索引脉冲处。

方式 7 和 23：下降沿的底部开始寻零，若限位开关未生效，电机向正方向运动；



方式 8 和 24：上升沿的顶部开始寻零，若限位开关未生效，电机向正方向运动；

方式 9 和 25：上升沿的顶部开始寻零，启动寻零时电机始终向正方向运动；

方式 10 和 26：下降沿的顶部开始寻零，启动寻零时电机始终向正方向运动；

方式 11 和 27：下降沿的顶部开始寻零，若限位开关未生效，电机向负方向运动；

方式 12 和 28：上升沿的顶部开始寻零，若限位开关未生效，电机向负方向运动；

方式 13 和 29：上升沿的底部开始寻零，启动寻零时电机始终向负方向运动；

方式 14 和 30：下降沿的底部开始寻零，启动寻零时电机始终向负方向运动；

方式 33 和 34：在索引脉冲处开始寻零，启动寻零时，电机向负（33）或正（34）方向运动，直到索

引脉冲到来；

方式 35：在当前位置将位置计数重置为零。

寻零速度

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x6099	0	项目数	无符号32位整型	只读	2	对象的项目数
	1	寻找限位开关时电机的速度	无符号32位整型	可读写	400	寻找限位开关过程中电机的速度
	2	寻找零位时电机的速度	无符号32位整型	可读写	100	寻找零位过程中电机的速度

通过速度因数换算，可以控制电机的寻零速度，以达到实际要求。

寻零加速度

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x609A	0	寻零加速度	无符号32位整型	可读写	50	寻零时电机的加速度

通过加速度因数换算，可以控制电机的寻零加速度达到实际要求。

寻零程序的设置：

首先设置 NMT 状态为操作；驱动器状态为可操作并且操作模式（0x6060）为 OPMOD6。

1、 根据实际需要设置好寻零方式（0x6098）、寻零速度（0x6099）和寻零加速度（0x609A）等；
2、 将控制字的第 4 字位（启动寻零）设为“1”来启动寻零；
3、 寻零执行完毕后，驱动器通过状态字第 12 字位（寻零完毕）进行应答。如果寻零过程中发生错误，则驱动器通过状态字第 13 字位（寻零错误）指示。

在寻零过程中，若在控制字第 4 字位中写入“0”则将中断执行寻零。

6.3.5、位控功能

目标位置查询

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x6062	0	获取目标位置值	32 位整型	只读	0	查询目标位置

实际位置查询（增量）

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x6063	0	获取实际位置值	32 位整型	只读	0	查询当前的实际位置（结果为增量）

通过增量式编码器的脉冲输出来获取位置值，等效的 FAULHABER 指令为 POS（查询当前位置）。

实际位置查询（比例）

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x6064	0	获取实际位置值	32 位整型	只读	0	查询当前的实际位置（结果为比例）

通过位置因数换算，可得出电机的真实位置。

位置窗口

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x6067	0	位置窗口	无符号 32 位整型	可读写	40	目标位置窗口

以目标位置为中心的一个区域用以显示“目标位置到达”的消息。通过位置因数换算，可以得出电机的真实位置。与之对应的 FAULHABER 指令为 CORRIDOR（设置目标位置窗口）。

位置窗口时间

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x6068	0	位置窗口时间	无符号 16 位整型	可读写	200	电机位置在该窗口内的时间

设置电机停留在位置窗口中最短时间，单位：ms。通过状态字第 10 字位（目标到达）设置。

6.3.6、复合速控模式

此类对象适用于速控模式。

实际速度查询

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x6069	0	当前速度查询	32 位整型	只读	0	查询电机的当前速度

通过速度因数换算，可得出电机的实际当前速度。与之对应的 FAULHABER 指令为 GN（查询当前速度）。

目标速度查询

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x606B	0	目标速度查询	32 位整型	只读	0	查询电机的目标速度

通过速度因数换算，可得出电机的实际目标速度。与之对应的 FAULHABER 指令为 GV（查询目标速度）。

速度实际值

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x606C	0	速度实际值	32 位整型	只读	0	电机的当前速度值

与 0x6069 的值一致，用于电机内置的霍尔传感器对速度的记录。通过速度因数换算，可得出电机的实际当前速度。与之对应的 FAULHABER 指令为 GN（查询当前速度）。

速度窗口

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x606D	0	速度窗口	无符号 16 位整型	可读写	20	最终速度窗口

以目标速度为中心的一个区域，通常用以检测实际速度是否达到目标值。通过速度因数换算，可得出电机的实际当前速度。

速度窗口时间

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x606E	0	速度窗口时间	无符号 16 位整型	可读写	200	电机位置在该窗口内的时间

设置电机停留在速度窗口中最短时间，单位：ms。通过状态字第 10 字位（目标到达）设置。

阀值速度

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明

0x606F	0	阀值速度	无符号16位整型	可读写	20	阀值速度值

接近零速度的一个范围，用以判断电机是否停止.通过速度因数换算，可得出电机的当前实际速度。

阀值速度时间

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x6070	0	阀值速度时间	无符号16位整型	可读写	0	缔约阀值速度的时间

设置电机在低于阀值速度时的最短时间，单位：ms。通过状态字第 12 字位（速度为零）设置。

目标速度

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x60FF	0	目标速度	32 位整型	可读写	0	电机的目标速度

速度控制器给出的目标速度指令，通过速度因数换算，可得出电机的实际目标速度。与之对应的 FAULHABER 指令为 V（设置目标速度）。

速控参数设置

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x60F9	0	项目数	无符号16位整型	只读	2	对象的项目数
	1	增益	无符号16位整型	可读写	根据定义值	设置速控比例系数
	2	积分系数	无符号16位整型	可读写	根据定义值	设置速控积分系数

以上参数用于设置速度控制器，与之对应的 FAULHABER 指令为 POR（设置速控比例系数）和 I（设置速控积分系数）。

6.3.7、其它项目

电机型号

索引	子索引	名称	类型	属性	默认值	详细说明
0x6510	0	项目数	无符号 8 位整型	只读	1	对象的项目数
	1	电机型号	32 位整型	可读写	8	设置电机型号 0...9：无刷伺服电机 -1：直流电机

与驱动器所连接的电机型号可由此设置和查询（对于 MCDC 类驱动器，该数据为只读）。与之对应的 FAULHABER 指令为 MOTTYP（设置无刷电机型号）和 GMOTTYP（查询电机型号）。

目标速度的大小或方向更改后，对象 0x6083 中设置的加速度值（详情参阅底 6.3.3 章节复合位控模式）依然有效。

➢ 速控模式的启动：

首先设置 NMT 状态为操作；驱动器状态为可操作并且操作模式（0x6060）为 OPMOD3，然后根据需要设置目标速度（0x60FF）。

➢ 速控模式的停止：

设置目标速度（0x60FF）为零，或者将控制字第 3 字位设置为零（不可操作）。

6.4、FAULHABER 指令

使用 FAULHABER 指令，驱动器的配置和控制都显得简单易行。连续变量中，所有被支持的 ASCII 码

指令，均可作为 CAN 帧通过 PDO2 传送。其首字节始终包含 16 进制格式的指令，随后的四字节则包含如下数据：

RxPDO2：FAULHABER 指令

11 位标识符	5 字节用户数据				
0x300（768D）+节点序号	指令	LLB	LHB	HLB	HHB

要通过 FAULHABER 通道对驱动器进行配置，NMT 必须为操作状态。

部分参数也可通过对象字典进行设置，但某些参数则必须使用 FAULHABER 通道。

还有部分参数则必须在 FAULHABER 模式（OPMOD1，通过对象 0x6060 或 OPMOD 设置）下设置，例如用于改变驱动器状态并立即生效的参数。

要使 FAULHABER 指令生效，需正确设置 TxPDO2 的传输类型（对象字典索引 0x1801）：

1、 传输类型=253

指令通过 RxPDO2 发送后，必须通过 TxPDO2 执行 RTR，以获取查询或检查传输状态指令的结果。

2、 传输类型=255

对于查询或检查传输状态的指令，立即通过 TxPDO2 应答。返回的数据始终包含 6 个字节：首字节为指令内容，随后四字节为长整型的查询结果返回值，最后一字节为错误代码：

11 位标识符	5 字节用户数据					
0x280（640D）+节点序号	指令	LLB	LHB	HLB	HHB	错误代码

错误代码	详细说明	错误代码	详细说明
1	指令执行成功，无错误	-7	未知的、未定义的指令
-2	已成功写入驱动器内置存储器	-8	无效的指令
-4	驱动器因过热而无法工作	-13	闪存故障
-5	无效的参数		

举例：查询节点 3 上电机的当前位置（POS）：

- 发送标识符 303：40 00 00 00 00
- 查询标识符 283
- 返回标识符 283：40 A0 86 01 00 01
- →实际位置=100000D

6.4.1、基本设置指令

以下列出的参数用于对驱动器进行基本设置，它们可通过保存或写入指令存储在驱动器的闪存中，在驱动器每次启动时自动加载。

6.4.1.1 用于 FAULHABER 操作模式的指令

仅可在 FAULHABER 模式（操作模式：OPMOD-1）下使用：

指令	16 进制	数据	功能	详细说明
OPMOD	0xFD	0	操作模式	CANopen 操作模式： -1：FAULHABER 模式； 1：复合位控模式； 3：复合速控模式； 6：寻零模式。

				对应的对象为 0x6060（操作模式）
SOR	0x8E	0...3	速度指令的信号源	速度指令信号源自： 0：CAN 接口（出厂默认值）； 1：AnIn 的模拟电压； 2：AnIn 的 PWM 信号； 3：AnIn 的模拟电压限流，此时电机速度由 CAN 接口给定。
CONTMOD	0x06	0	连续模式	从其它工作模式返回到默认的连续模式。
STEPMOD	0x46	0	步进模式	切换到步进工作模式。
APCMOD	0x02	0	模拟电压位控模式	切换到通过模拟电压来执行位控的工作模式。
ENCMOD	0x10	0	双闭环模式	切换到双闭环模式（对 MCDC 类驱动器无效）。通过外部编码器反馈电机位置（切换到该模式后，当前电机位置被清零）。
HALLSPEED	0x3B	0	霍尔反馈速度	在双闭环模式下，速度反馈采用霍尔传感器信号（对 MCDC 类驱动器无效）。
ENCSPEED	0x12	0	编码器反馈速度	在双闭环模式下，速度反馈采用编码器信号（对 MCDC 类驱动器无效）。
GEARMOD	0x1D	0	减速电机模式	切换到减速电机工作模式。
VOLTMOD	0x49	0	调压器模式	切换到调压器的工作模式。
IXRMOD	0x50	0	开环速控模式	切换到开环速控工作模式。

6.4.1.2、用于基本设置的指令

指令	16 进制	数据	功能	详细说明
ENCRES	0x70	数值	设置编码器分辨率	设置编码器分辨率（必须是其物理分辨率的 4 次倍），范围：0~65 535。
MOTTYP	0x84	0...9	设置无刷电机型号	设置与驱动器连接的无刷电机型号（仅对 MCBL 类驱动器有效）： 0：特殊规格，需进一步设置 KN 和 RM 参数； 1：1628T012B K1155； 2：1628T024B K1155； 3：2036U012B K1155； 4：2036U024B K1155； 5：2444B024B K1155； 6：3056K012B K1155； 7：3056K024B K1155； 8：3564K024B K1155； 9：4490H024B K1155。
KN	0x9E	数值	设置电机速度常数	依照电机参数表，设置电机速度常数 K_n（仅当 MOTTYP0 或直流有刷电机时才需设置），单位：rpm/V。
RM	0x9F	数值	设置电机电枢电阻	依照电机参数表，设置电机的电枢电阻 R_M（仅当 MOTTYP0 或直流有刷电机时才需设置），单位：mΩ。
STW	0x77	数值	设置步宽	在步进或减速电机模式下，每收到一个脉冲，电机将要前进的步数，范围：0~65 535。
STN	0x64	数值	设置步数	在步进或减速电机模式下，电机每旋转一圈所需要

				走的步数，范围：0~65 535。
MV	0x85	数值	设置最低启动速度	指在模拟速控（SOR1、SOR2）时，在 AnIn 输入的模拟电压绝对值最低时电机的转速。单位：rpm。
MAV	0x83	数值	设置最低启动电压	又叫“死区电压”。指在模拟速控（SOR1、SOR2）时，电机启动所需要的模拟电压最低绝对值，如果从 AnIn 输入的电压低于该值，电机不会转动。单位：mV，范围：0~32 767。
ADL	0x00	0	定义逆时针方向为正	输入正的电压信号，电机逆时针方向旋转。注意减速箱输出的速度方向可能相反。
ADR	0x01	0	定义顺时针方向为正	输入正的电压信号，电机顺时针方向旋转。注意减速箱输出的速度方向可能相反。
SIN	0xA0	0...1	正弦换向	1：仅采用正弦换向； 0：高速时采用间歇换向（可实现高速、低速全范围调节）。

6.4.1.3、用于设置常规参数的指令

指令	16 进制	数据	功能	详细说明
LL	0xB5	数值	设置位置范围	限定电机运动的位置范围。正负数值分别代表电机的最高和最低位置，范围：$\pm 1.8\times 10^9$ 之间。APL1 表示位置范围限定生效。 对应的对象为 0x607D。
APL	0x03	0...1	位置范围限制	启用位置范围限制（对所有操作和工作模式均有效）。 1：启用位置范围限制； 0：禁用位置范围限制。
SP	0x8F	数值	设置最高速度	设置电机的最高转速，适用于除 VOLTMOD 外的所有工作模式。范围：0~32 767rpm。 对应的对象为 0x607F。
AC	0x65	数值	设置加速度	设置电机的加速度，范围：0~30 000 转/s^2。 对应的对象为 0x6083。
DEC	0x6D	数值	设置负加速度	设置电机在减速或者制动时的负加速度，范围：0~30 000 转/s^2。 对应的对象为 0x6084。
SR	0xA4	数值	设置采样周期	设置驱动器速控电路的采样周期，为 100μs 的整数倍。范围：1~20ms/10。
POR	0x89	数值	设置速控比例系数	设置驱动器速控电路的放大比例，范围：1~255。 对应的对象为 0x60F9。
I	0x78	数值	设置速控积分系数	设置驱动器速控电路的积分系数，范围：1~255。 对应的对象为 0x60F9。
PP	0x9B	数值	设置位控比例系数	设置驱动器位控电路的放大比例，范围：1~255。 对应的对象为 0x60FB。
PD	0x9C	数值	设置位控微分系数	设置驱动器位控电路的微分系数，范围：1~255。 对应的对象为 0x60FB。
CI	0xA2	数值	设置电流积分系数	设置电流控制器的积分系数，范围：1~255。
LPC	0x81	数值	设置峰值电流	设置峰值工作电流的最大值，范围：0~12 000mA。

LCC	0x80	数值	设置连续电流	设置连续工作电流的最大值，范围：0~12 000mA。
DEV	0x6F	数值	设置允许的速度偏差范围	设置目标速度与实际速度之间偏差的最大允许值。范围：0~32 767。
CORRIDOR	0x9D	数值	设置目标位置窗口	设置目标位置窗口大小，范围：0~65 535。对应的对象为 0x6067。

6.4.1.4、用于设置 Fault 和数字输入端的指令

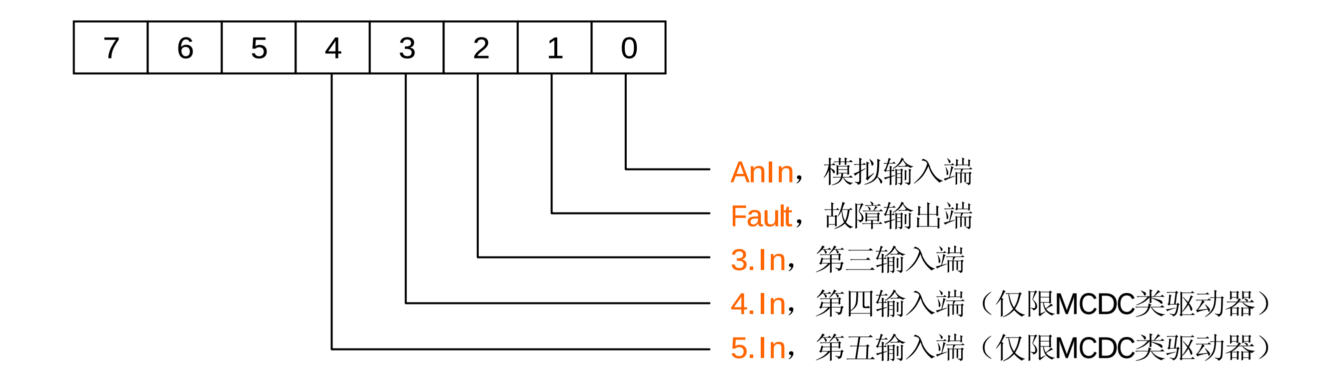
指令	16 进制	数据	功能	详细说明
ERROUT	0x14	0	故障输出	设置 Fault 为故障指示输出端。
ENCOUT	0x11	0	脉冲输出	设置 Fault 为脉冲输出端(对 MCDC 类驱动器无效)。
DIGOUT	0x0A	0	数字输出	设置 Fault 为数字输出端，同时将其电平变为低。
DIRIN	0x0C	0	转向控制输入	设置 Fault 为数字输入端，输入信号的电平高低决定电机的转向。
REFIN	0x41	0	限位开关输入	设置 Fault 为数字输入端，接收限位开关信号。
DCE	0x6B	数值	延时报障	设置输出故障指示时，故障现象需要持续的时间，单位：1/100s。
LPN	0x82	数值	设置输出的脉冲数	设置电机每旋转一圈，驱动器所输出的脉冲数，范围：1~255。
CO	0x05	0	清除输出信号	将 Fault 置于低电平。
SO	0x45	0	信号输出	将 Fault 置于高电平。
TO	0x55	0	切换输出端状态	翻转 Fault 电平状态。
SETPLC	0x51	0	匹配 PLC	设置输入信号规格为 PLC 规格（高电平 24V）。
SETTTL	0x52	0	匹配 TTL	设置输入信号规格为 TTL 规格（高电平 5V）。

6.4.1.5、FAULHABER 模式下设置寻零和限位开关的指令

指令	16 进制	数据	功能	详细说明
HP	0x79	数值	设置触发极性	定义限位开关的触发条件，包含触发沿和触发极性：1：在上升沿和高电平触发；0：在下降沿和低电平触发。
HB	0x73	数值	强制限位	激活对应限位开关的强制限位功能。
HD	0x74	数值	强制定向	限位开关通过 HB 设置了强制限位后，预设的电机转向： 1：顺时针方向被封锁；0：逆时针方向被封锁。
SHA	0x8A	数值	寻零位置清零	寻零时（GOHOSEQ），对应限位开关触发后电机位置清零。
SHL	0x90	数值	寻零制动	寻零时（GOHOSEQ），对应限位开关触发后电机制动。
SHN	0x9A	数值	寻零信息应答	寻零时（GOHOSEQ），对应限位开关触发后发消息至主机（状态字字位 14=1）。
HOSP	0x78	数值	设置寻零速度	设置寻零时（GOHOSEQ 或 GOHIX），电机运动的速度与方向，单位：rpm。。
HA	0x72	数值	寻零位置清零	对应限位开关触发时将位置清零，同时清除该开关上的 HA。（本指令为一次性，无法保存。）
HL	0x75	数值	寻零制动	对应限位开关触发时将电机制动，同时清除该开关上的 HL。（本指令为一次性，无法保存。）

HN	0x76	数值	寻零信息应答	对应限位开关触发时发送消息至主机（状态字字位14=1），同时清除该开关上的 HN。（本指令为一次性，无法保存。）

配置限位开关功能时，指令后需要跟随各输入端的掩码，掩码定义如下：



6.4.2、基本查询指令

6.4.2.1、查询操作模式和常规参数的指令

指令	16 进制	数据	功能	详细说明
GOPMOD	0xFE	0	查询当前操作模式	显示当前的 CANopen 操作模式： -1：FAULHABER 模式； 1：复合位控模式； 3：复合速控模式； 6：寻零模式。 对应的对象为 0x6061（显示操作模式）
CST	0x58	0	查询系统设置	设置的工作模式，返回值为二进制代码（低位=字位 0）。 字位 0~2：系统保留。 字位 3~4：速度信号源自： 0：SOR0（CAN 接口）； 1：SOR1（模拟电压）； 2：SOR2（PWM 信号）； 3：SOR3（模拟电压限流，速度由 CAN 接口给定）。 字位 5~6：系统保留。 字位 7~9：FAULHABER 模式： 0：CONTMOD（连续模式）； 1：STEPMOD（步进模式）； 2：APCMOD（模拟电压位控模式）； 3：ENCMOD / HALLSPEED（双闭环模式，霍尔反馈速度）； 4：ENCMOD / ENCSPEED（双闭环模式，编码器反馈速度）；

				5：GEARMOD（减速电机模式）； 6：VOLTMOD（调压器模式）； 7：IXRMOD（开环速控模式）。 字位 10：驱动器功放输出： 0：关闭（电机脱离控制，DI）； 1：打开（电机受控，EN）。 字位 11：位置控制器： 0：关闭； 1：打开。 字位 12：电机转向控制： 0：ADL（逆时针方向）； 1：ADR（顺时针方向）。 字位 13：位置范围限制（APL）： 0：禁用； 1：启用。 字位 14：正弦换向（SIN）： 0：允许采用间歇换向； 1：禁用间歇换向。
GMOD	0x28	0	查询工作模式	查询具体的 FAULHABER 工作模式： 0：CONTMOD（连续模式）； 1：STEPMOD（步进模式）； 2：APCMOD（模拟电压位控模式）； 3：ENCMOD / HALLSPEED（双闭环模式，霍尔反馈速度）； 4：ENCMOD / ENCSPEED（双闭环模式，编码器反馈速度）； 5：GEARMOD（减速电机模式）； 6：VOLTMOD（调压器模式）； 7：IXRMOD（开环速控模式）。
GENCRES	0x1E	0	查询编码器分辨率	查询所设置的编码器分辨率。
GMOTTYP	0x29	0	查询电机型号	查询所设置的电机型号（MOTTYP0~9），-1 表示直流有刷电机。
GKN	0x4D	0	查询电机速度常数	查询电机（MOTTYP0 或直流有刷电机）的速度常数，单位：rpm/V。
GRM	0x4E	0	查询电机的电枢电阻	查询电机（MOTTYP0 或直流有刷电机）的电枢电阻，单位：mΩ。
GSTW	0x39	0	查询步宽	查询步进或减速电机模式下，每一个脉冲让电机前进的步数。
GSTN	0x38	0	查询步数	查询步进或减速电机模式下，电机每旋转一圈所需要走的步数。
GMV	0x2A	0	查询最低启动速度	查询模拟速控下电机的最低启动速度，单位：rpm。
GMAV	0x27	0	查询最低启动电压	查询模拟速控下电机的最低启动电压，单位：mV。
GPL	0x31	0	查询最高位置限制	查询 LL 所限制的电机位置的正向最大值。 对应的对象为 0x607D。
GNL	0x2C	0	查询最低位置限制	查询 LL 所限制的电机位置的反向最大值。

				对应的对象为 0x607。
GSP	0x36	0	查询最高允许速度	查询所设置的允许电机的最高转速，单位：rpm。 对应的对象为 0x6081。
GAC	0x15	0	查询加速度	查询所设置的电机加速度，单位：转/s²。 对应的对象为 0x6083。
GDEC	0x1B	0	查询负加速度	查询所设置的电机在减速或制动时的负加速度，单位：转/s²。 对应的对象为 0x6084。
GSR	0x56	0	查询采样周期	查询速度控制器的采样周期，单位：ms/10。
GPOR	0x33	0	查询速控比例系数	查询速控比例系数（POR）。 对应的对象为 0x60F9。
GI	0x26	0	查询速控积分系数	查询速控积分系数（I）。 对应的对象为 0x60F9。
GPP	0x5D	0	查询位控比例系数	查询位控比例系数（PP）。 对应的对象为 0x60FB。
GPD	0x5E	0	查询位控微分系数	查询位控微分系数（PD）。 对应的对象为 0x60FB。
GCI	0x63	0	查询电流控制器积分系数	查询电流控制器积分系数（CI）。
GPC	0x30	0	查询峰值电流值	查询所设置的最大峰值电流，单位：mA。
GCC	0x18	0	查询连续电流值	查询所设置的最大连续电流，单位：mA。
GDEV	0x1C	0	查询速度偏差范围	查询所设置的允许的电机速度偏差范围。
GCORRIDOR	0x62	0	查询位置窗口大小	查询所设置的位置窗口大小。 对应的对象为 0x6067。

6.4.2.2、查询 Fault 和数字输入端状态的指令

指令	16 进制	数据	功能	详细说明
IOC	0x5C	0	输入/输出端配置	输入/输出端的配置情况。 返回值为二进制代码（低位=字位 0）。 字位 0~7：强制限位： 0 到 7：在输入端 1~3 启用此功能。 字位 8~15：触发极性设置： 0 到 7：输入端 1~3 由上升沿触发有效。 字位 16~23：强制定向： 0 到 7：在输入端 1~3 启用顺时针方向封锁。 字位 24：数字输出端的电平状态： 0：低电平； 1：高电平。 字位 25：数字输入端的电平规格： 0：TTL（高电平 5V）； 1：PLC（高电平 24V）。 字位 26~28：Fault 的功能： 0：ERROUT（故障输出）； 1：ENCOUT（脉冲输出）； 2：DIGOUT（数字输出）；

				3：DIRIN（转向控制输入）； 4：REFIN（定位或限位开关输入）。
GDCE	0x1A	0	查询延迟报障时间	查询 DCE 所设置的延迟报障时间。
GPN	0x32	0	查询输出脉冲数	查询 LPN 所设置的电机每旋转一圈，驱动器输出的脉冲数。

6.4.2.3、查询 FAULHABER 模式下寻零功能的配置的指令

指令	16 进制	数据	功能	详细说明
HOC	0x5B	0	寻零功能的配置	寻零功能的配置情况，返回值为二进制代码（低位=字位 0）。 字位 0~7：输入端 1~8 上的 SHA 设置（寻零位置清零）； 字位 8~15：输入端 1~8 上的 SHN 设置（应答寻零信息）； 字位 16~23：输入端 1~8 上的 SHL 设置（寻零制动）； （输入端 6~8 为系统保留）。
GHOSP	0x24	0	查询寻零速度	查询所设置的寻零速度，单位：rpm。

6.4.3、其它指令

指令	16 进制	数据	功能	详细说明
SAVE	0x53	0	将参数写入驱动器闪存（EEPSAV）	将当前的参数设置和配置保存在驱动器闪存中，驱动器断电重启后，所有保存的设置均不会丢失。 对应的对象为 0x1010。 注意：闪存的写入操作不可超过 10 000 次，否则将无法保证其可靠性。
RESET	0x59	0	重新启动	重启某节点的驱动器，等同于 NMT 中的节点重置。
RN	0x44	0	节点重置	参数（包括电流限制、加速度、驱动器参数、最高速度与位置范围限制等等）初始化（恢复为保存在只读存储器中的数据）。
FCONFIG	0xD0	0	恢复出厂默认设置	驱动器所有配置和参数全部恢复到出厂默认值。 使用该指令后，驱动器将停止工作，必须重新加电启动。

6.4.4、运动控制指令

指令	16 进制	数据	功能	详细说明
DI	0x08	0	停止控制	停止对电机的控制。
EN	0x0F	0	开始控制	开始对电机进行控制。
M	0x3C	0	开始运动	开始执行位控。
LA	0xB4	数值	指定绝对目标位置	以系统初始化时的原点为零位，设置一个目标位置。范围：$\pm 1.8\times 10^9$ 之间。
LR	0xB6	数值	指定相对目标位置	以当前位置作为起点，设置一个目标位置。目标位置的范围受系统初始化时的原点所限制，必须在原点的 $\pm 2.14\times 10^9$ 的范围内。
V	0x93	数值	切换到速控模式	切换到速控模式并设置目标速度，单位：rpm。
U	0x92	数值	设置驱动电压	设置驱动电机的输出电压，范围：±32 767 之间（极

				值对应电源电压的正负最大值），仅对 SOR0 有效。
GOHOSEQ	0x2F	0	启动寻零程序	开始执行寻零程序。程序（若编写的有）的执行不受当前驱动器所处的工作和操作模式限制。
GOHIX	0x2E	0	霍尔位置清零	启动无刷电机向霍尔零位运行（霍尔索引）并将电机位置清零。（对 MCDC 类驱动器无效）
GOIX	0xA3	0	编码器索引清零	启动电机向编码器索引零位运行（该信号由 Fault 接收）并将电机位置清零。（直流电机或双闭环模式适用）
HO	0xB8	0 / 数值	定义零位	无数值：将当前位置设置为零位。 数值：对当前位置赋值。范围：±1.8×10^9 之间。

6.4.5、常规查询指令

指令	16 进制	数据	功能	详细说明
POS	0x40	0	查询当前位置	查询电机的当前位置。 对应的对象为 0x6063。
TPOS	0x4B	0	查询目标位置	查询最近一次执行位控指令 M 时，电机的目标位置。 对应的对象为 0x6062。
GV	0x3A	0	查询目标速度	查询所设置的电机目标速度，单位：rpm。 对应的对象为 0x60FF。
GN	0x2B	0	查询当前速度	查询电机的当前速度，单位：rpm。 对应的对象为 0x6069。
GU	0x5F	0	查询所设置的 PWM 信号电压	查询在 VOLTMOD 下，所设置的 PWM 信号的最高输出电压。
GRU	0x60	0	查询 PWM 信号的当前电压值	查询在 VOLTMOD 下，当前 PWM 信号的实际输出电压。
GCL	0x10	0	查询电流限制	查询所设置的最大电流限制，单位：mA。
GRC	0x34	0	查询当前电流	查询当前电机的实际消耗电流值，单位：mA。
TEM	0x47	0	查询温度	查询驱动器外壳的当前温度，单位：℃。
OST	0x57	0	查询系统状态	显示当前的系统状态，返回值为二进制代码（低位=字位 0）。 字位 0：正在执行寻零； 字位 1~3：系统保留； 字位 4：限流功能生效； 字位 5：速度偏差超过范围； 字位 6：过压； 字位 7：过热； 字位 8：AnIn 的状态； 字位 9：Fault 的状态； 字位 10：3.In 的状态； 字位 11：4.In 的状态（仅限 MCDC 类驱动器）； 字位 12：5.In 的状态（仅限 MCDC 类驱动器）； 字位 13~15：为更多的输入端所预留； 字位 16：目标位置到达。
SWS	0x5A	0	查询限位开关状态	查询临时限位开关的设置，返回值为二进制代码（低位=字位 0）。 字位 0~7：输入端 1~8 上的 HA 设置（寻零位置清零）； 字位 8~15：输入端 1~8 上的 HN 设置（应答寻零信息）； 字位 16~23：输入端 1~8 上的 HL 设置（寻零制动）；

	字位 24~31：指示已经跳转的限位开关 1~8（与各输入端同步重置）。

7、附录

7.1、关于电磁兼容性（EMC）

本文介绍的各款驱动器均通过了 89/336/EEC（欧盟电磁兼容指令）的审核和测试。

正常情况下，驱动器工作时满足如下标准：

电磁干扰辐射在 2002 年 8 月版的 EN 61000-6-4（欧盟关于工业环境的发射标准）要求之内。

电磁抗干扰则满足 2002 年 8 月版的 EN 61000-6-2（欧盟关于工业环境的抗扰性标准）的要求，具体测试如下：

- 抗静电冲击：满足 2001 年 12 月版的 EN-61000-4-2（欧盟关于静电放电抗扰性标准）的要求：4kV 的接触放电和 8kV 的空气放电；
- 抗射频场：满足 2003 年 11 月版的 EN-61000-4-3（欧盟关于放射抗扰性标准）的要求；
- 抗快速冲击：满足 2002 年 7 月版的 EN-61000-4-4（欧盟关于电气瞬态抗扰标准）的要求；
- 抗电涌：满足 2001 年 12 月版的 EN-61000-4-5（欧盟关于浪涌保护的标准）的要求；
- 抗射频场感应干扰：满足 2001 年 12 月版的 EN-61000-4-6（欧盟关于传导干扰抗扰性的标准）的要求；
- 抗磁场与电源的工频干扰：满足 2001 年 12 月版的 EN-61000-4-8（欧盟关于工频磁场抗扰性的标准）的要求；

满足上述要求须达到下列条件：

- 严格按照驱动器的说明书和用户手册进行操作；
- 电源线采用双层屏蔽线并外加屏蔽铁管，例如 Würth 电子公司出品的 742 700 90，所有连线尽可能短；

进一步减少来自电源的干扰

如果采用了交流电整流后供电，则可能需要以下措施进一步降低来自电源的干扰，以确保达到上述的 EN 61000-6-4 标准：除采用屏蔽铁管外，还应在尽可能靠近驱动器电源接入端的地方，并联一个用以补偿电流的扼流圈（例如 Würth 电子公司出品的 744 825 605）和一个 470μF 的电解电容。

7.1.1、预期用途

驱动器的设计、制造和均按相关标准进行了严格测试并备案。

按照本用户手册的说明进行使用，驱动器不会造成任何的人员和财产的伤害和损失。这里所谓的“预期用途”，意味着用户使用驱动器时，完全遵照了本文描述和记载的一切关于使用与安全的说明。

“预期用途”中，还包括用户遵照了相关行规，例如欧盟在 Machinery Directive（机械指令）和 EMC Directive（电磁兼容管理）中关于安全的说明。

但用户必须明确的是，所有电子设备均无法保证万无一失。如果驱动器发生意外事故，若有必要，则进入相关的安全条款程序来处理。

因错误使用驱动器而可能对用户带来的所有直接和间接损害，FAULHABER 集团均不担责。FAULHABER 集团在中国的代理商和本文编译者，同样对此免责。

7.1.2、CE 标志

驱动器的生产部门，完全满足 DIN EN 61000-6-2（欧盟关于工业环境的抗扰性标准）和 DIN EN

61000-6-4（欧盟关于工业环境的辐射标准）所规定的全部内容。

驱动器工作时，其表面温度可能超过 85℃，根据 Machinery Directive（机械指令）相关规定，可能需要采用相关防护设备与措施。

驱动器工作的任何时候，其输入、输出电压都不会超过 50V，完全符合欧盟低压规定。

为确保符合 CE 标志的规定，驱动器所有连线长度均不得超过 3m，所有的线材和附属设备，都应选用采用了最新工艺技术生产、符合最新工艺标准之产品。

特殊应用中，可能还需要采用附加电路和一些附属设备，例如屏蔽铁管、抑制二极管和屏蔽罩等。

7.2、出厂设置

下表列出了驱动器出厂时，所有参数的默认值。驱动器在使用中，无论进行了任何修改，均可通过FCONFIG将所有参数恢复至出厂默认值。使用FCONFIG后，波特率和节点地址也被重置为 0xFF，即波特率自动匹配、节点地址无效。CANopen对象的默认值未在下表列出，若需查询，请参阅第 6 章节参数详解。

3564K024B CC

FAULHABER 指令	CANopen 对象	详细说明
CONTMOD		工作模式为连续模式。
APL0		启用位置范围限制。
SOR0		速度指令通过 CAN 接口给定。
MOTTYP8		电机型号为 3564K024B。
ERROUT		Fault 用以输出和指示故障。
HP7		所有输入端均沿上升沿触发。
HB0，HD0		未定义强制定向和限位的限位开关。
HOSP100		寻零速度为 100rpm。
SHA0，SHL0，SHN0		未定义 FAULHABER 寻零程序。
ADR		定义顺时针方向为正。
LPC8000		最大峰值电流为 8A。
LCC2800		最大连续电流为 2.8A。
AC30000	0x6083	加速度为 30 000 转/s^2。
DEC30000	0x6084	负加速度为 30 000 转/s^2。
SR1		采样周期为 100μs。
I40	0x60F9	速度控制器积分系数为 40。
POR8	0x60F9	速度控制器比例系数为 8。
PP12	0x60FB	位置控制器比例系数为 12。
PD6	0x60FB	位置控制器微分系数为 6。
CI50		电流控制器积分系数为 50。
SP12000	0x607F	电机最高转速为 12 000rpm。
MV0		电机最低转速为 0。
MAV25		最低启动电压（死区电压）为 25mV。
LL1800000000	0x607D	电机最大正位置为 1 800 000 000。
LL-1800000000	0x607D	电机最大负位置为 1 800 000 000。
LPN16		电机每旋转一圈，驱动器输出 16 个脉冲。
STW1		步宽为 1。
STN1000		步数为 1000。
ENCRES2048		编码器分辨率为 2 048。
DEV30000		允许速度偏差范围为 30 000，相当于未启用速度偏差限制。
DCE200		故障持续 2 秒后给出指示。

CORRIDOR20	0x6067	目标位置窗口为 20。
SIN1		禁用间歇换向。
SETPLC		数字输出信号为 PLC 电平规格。
OPMOD1	0x6060	控制模式为“复合位控模式”。
DI		驱动器关闭功放输出，电机不受控。
V0		电机目标速度为 0。

MCBL3003/06 C

FAULHABER 指令	CANopen 对象	详细说明
CONTMOD		工作模式为连续模式。
APL0		启用位置范围限制。
SOR0		速度指令通过 CAN 接口给定。
MOTTYP5		电机型号为 2444S024B K1155。
EROUT		Fault 用以输出和指示故障。
HP7		所有输入端均沿上升沿触发。
HB0，HD0		未定义强制定向和限位的限位开关。
HOSP100		寻零速度为 100rpm。
SHA0，SHL0，SHN0		未定义 FAULHABER 寻零程序。
ADR		定义顺时针方向为正。
LPC5000		最大峰值电流为 5A。
LCC1370		最大连续电流为 1.37A。
AC30000	0x6083	加速度为 30 000 转/s^2。
DEC30000	0x6084	负加速度为 30 000 转/s^2。
SR1		采样周期为 100μs。
I40	0x60F9	速度控制器积分系数为 40。
POR7	0x60F9	速度控制器比例系数为 7。
PP16	0x60FB	位置控制器比例系数为 16。
PD9	0x60FB	位置控制器微分系数为 9。
CI50		电流控制器积分系数为 50。
SP30000	0x607F	电机最高转速为 30 000rpm。
MV0		电机最低转速为 0。
MAV25		最低启动电压（死区电压）为 25mV。
LL1800000000	0x607D	电机最大正位置为 1 800 000 000。
LL-1800000000	0x607D	电机最大负位置为 1 800 000 000。
LPN16		电机每旋转一圈，驱动器输出 16 个脉冲。
STW1		步宽为 1。
STN1000		步数为 1000。
ENCRES2048		编码器分辨率为 2 048。
DEV30000		允许速度偏差范围为 30 000，相当于未启用速度偏差限制。
DCE200		故障持续 2 秒后给出指示。
CORRIDOR20	0x6067	目标位置窗口为 20。
SIN1		禁用间歇换向。
SETPLC		数字输出信号为 PLC 电平规格。
OPMOD1	0x6060	控制模式为“复合位控模式”。
DI		驱动器关闭功放输出，电机不受控。
V0		电机目标速度为 0。

MCDC3003/06 C

FAULHABER 指令	CANopen 对象	详细说明
CONTMOD		工作模式为连续模式。
APL0		启用位置范围限制。

SOR0		速度指令通过 CAN 接口给定。
ERROUT		Fault 用以输出和指示故障。
HP31		所有输入端均沿上升沿触发。
HB0，HD0		未定义强制定向和限位的限位开关。
HOSP100		寻零速度为 100rpm。
SHA0，SHL0，SHN0		未定义 FAULHABER 寻零程序。
ADR		定义顺时针方向为正。
LPC10000		最大峰值电流为 10A。
LCC5000		最大连续电流为 5A。
AC30000	0x6083	加速度为 30 000 转/s^2。
DEC30000	0x6084	负加速度为 30 000 转/s^2。
SR1		采样周期为 100μs。
I50	0x60F9	速度控制器积分系数为 50。
POR10	0x60F9	速度控制器比例系数为 10。
PP10	0x60FB	位置控制器比例系数为 10。
PD5	0x60FB	位置控制器微分系数为 5。
CI40		电流控制器积分系数为 40。
SP30000	0x607F	电机最高转速为 30 000rpm。
MV0		电机最低转速为 0。
MAV25		最低启动电压（死区电压）为 25mV。
LL1800000000	0x607D	电机最大正位置为 1 800 000 000。
LL-1800000000	0x607D	电机最大负位置为 1 800 000 000。
LPN16		电机每旋转一圈，驱动器输出 16 个脉冲。
STW1		步宽为 1。
STN1000		步数为 1000。
ENCRES2048		编码器分辨率为 2 048。
DEV30000		允许速度偏差范围为 30 000，相当于未启用速度偏差限制。
DCE200		故障持续 2 秒后给出指示。
CORRIDOR20	0x6067	目标位置窗口为 20。
SETPLC		数字输出信号为 PLC 电平规格。
OPMOD1	0x6060	控制模式为“复合位控模式”。
RM3300		电机电枢的电阻为 3.3Ω。
KN398		电机的速度常数为 398rpm/V。
DI		驱动器关闭功放输出，电机不受控。
V0		电机目标速度为 0。

7.3、全部 FAULHABER 指令索引

原文不包括本章节内容。

为方便用户查询，特将所有可用的 FAULHABER 指令按字母升序排列如下，点击即可查看详细说明：

HA	HALLSPEED	HB	HD	HL	HN	HO
HOC	HOSP	HP				
I	IOC	IXRMOD				
KN						
LA	LCC	LL	LPC	LPN	LR	
M	MAV	MOTTYP	MV			
OPMOD	OST					
PD	POR	POS	PP			
REFIN	RESET	RM	RN			
SAVE	SETPLC	SETTTL	SHA	SHL	SHN	SIN
SO	SOR	SP	SR	STEPMOD	STN	STW
SWS						
TEM	TO	TPOS				
U						
V	VOLTMOD					

7.4、英文词汇与术语的中文解释说明

FAULHABER 原文不包含本节内容。

ASCII 码：英文 American Standard Code for Information Interchange 的缩写，意为“美国信息互换标准代码”。是一种使用 7 或 8 个二进制位进行编码的方案。ASCII 划分为基本和扩展两个集合，共 256 个字符。基本 ASCII 字符为 128 个，其中有 96 个可打印字符，包括常用的字母、数字、标点符号等，另有 32 个控制字符。例如大写“A”的 ASCII 码是 65，小写“a”则是 97。

CAN：英文 Controller Area Network 的缩写，意为“控制器局域网”，属于工业现场总线的范畴。与一般的通信总线相比，CAN 总线的数据通信具有突出的可靠性、实时性和灵活性，已成为国际标准的现场总线，有多种应用协议，FAULHABER 驱动器采用的是 CANopen 协议。

CAN_H 和 CAN_L：分别是 CAN 总线的高电位和低电位。两者都是 2.5V 则为 1，称为显性；高为 3.5V 低为 1.5V 则为 0，称为隐性。

CANopen：CANOpen 是一种基于 CAN 串行总线系统的应用层协议，是一种标准嵌入式系统网络，具有灵活性、开放性、高效性和可靠性，为嵌入式网络设计者提供很好的设计方案。

CiA：英文 CAN in Automation 的缩写，意为“CAN 总线应用协会”，它是一个国际组织，主要从事 CAN 总线的标准制订、维护和发展。

DIN：德国工业标准。

DS301 V 4.02：V 4.02 为文件版本号，DS301 是 CANopen 协议中最基本的协议，其全名是 DS301 CANopen application layer and communication profile。DS301 定义了应用层和通讯规范，包括对象字典与服务数据对象、过程数据对象、网络管理对象等内容。本文后续提及的这类文件都是关于 CANopen 的相关协议。

DSP：英文 Digital Signal Procession 的缩写，意为“数字信号处理器”。

FAULHABER Motion Manager 3：FAULHABER集团专门针对MCDC2805、MCBL2805 和 3003/06 等系列驱动器所开发的一个终端仿真软件，适用于Windows操作系统，提供可视化图形界面，还具有运动状态和参数的实时图形显示功能，用户可通过它方便地操控驱动器。为方便国内用户，我们提供该软件的汉化版并可通过我们的网站http://www.bjxdh.com.cn/downloads.htm免费下载。

LSS：英文 Layer Setting Services 的缩写，意为“服务层设置”。CANopen 通讯分为若干层，例如服务层、应用层等，每层都需要做出各自的设置。

NMT：英文 Network Management 的缩写，意为“网络管理（对象）”。CANopen 的网络管理是基于

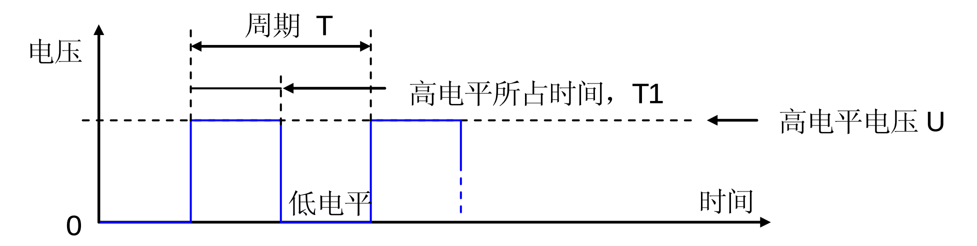
主从式的结构，一个 CANopen 网络中只有一个主节点，其它节点都是从节点。它实现三种功能：节点状态控制、错误控制和节点启动。节点状态控制是指 CANopen 网络中的主节点通过发出命令，改变从节点的状态。错误控制分为两种：Node Guarding（节点保护）和 Heartbeat（心跳）。两者都是检测节点能否正常通讯。节点启动是指每一个从节点由初始化状态进人预操作状态的时候自动发送一个启动报文，通知主节点。

PDO：英文 Process Data Objects 的缩写，意为“过程数据对象”。PDO 用于传输过程数据，其优先级别仅次于网络管理报文，可以保证过程数据传输的实时性。 PDO 参数分通讯和映射两种参数。通讯参数定义了 PDO 的触发方式和传输模式，映射参数定义了 PDO 报文中的数据域的含义。这些参数都可以通过 SDO 动态修改。

PI（PID）：所谓 PID 控制和调节就是比例、积分、微分的控制和调节。P 调节就是调节器输出和输入的比例。I 调节就是输出是输入量（即偏差）的积分，只要有偏差，调节器就会不断积分，使输送到执行器的信号变化，校正被控量直到无偏差，所以它可消除稳态偏差。但积分调节往往不能单独工作。D 调节就是微分调节，也就是输出对输入的微分。微分调节的优点在于它的超前性，当输入发生变化时，马上就有微分信号产生，使被控量得以提前校正，然后再由 P、I 调节，这可以缩短调节时间，有利于提高调节质量。

PLC：英文 Programmable Logic Controller 的缩写，意为“可编程逻辑控制器”，二十世纪六十年代由美国推出。发展至今，PLC 在开关量处理的基础上增加了模拟量处理和运动控制等功能，因而 PLC 不再局限于逻辑控制，它在运动控制、过程控制等领域也发挥着十分重要的作用。

PWM：英文 Pulse Width Modulation 的缩写，意为“脉冲宽度调制”，简称“脉宽调制”，它是通过改变高电平时间 T1 之与整个脉冲周期 T 的比例（即“占空比”），来调节等效输出电压的一种方法。例如高电平为 24V，占空比为 20%，则实际输出电压为 4.8V。PWM 信号的频率越高，则越等效于直流电压。在驱动电机方面，采用 PWM 驱动的优势在于效率更高，同时电机转速不会因电源电压改变而波动。



占空比=T1/T×100%，本例为 50%，则实际输出电压=U/2。

rpm：英文 revolutions per minute 的缩写，本文中的电机转速单位，意为“转每分”。

RTR：英文 Remote Request 的缩写。意为“远程请求”，在 CANopen 中，RTR 是指一个设备向另一设备所发出的数据请求，例如状态查询。

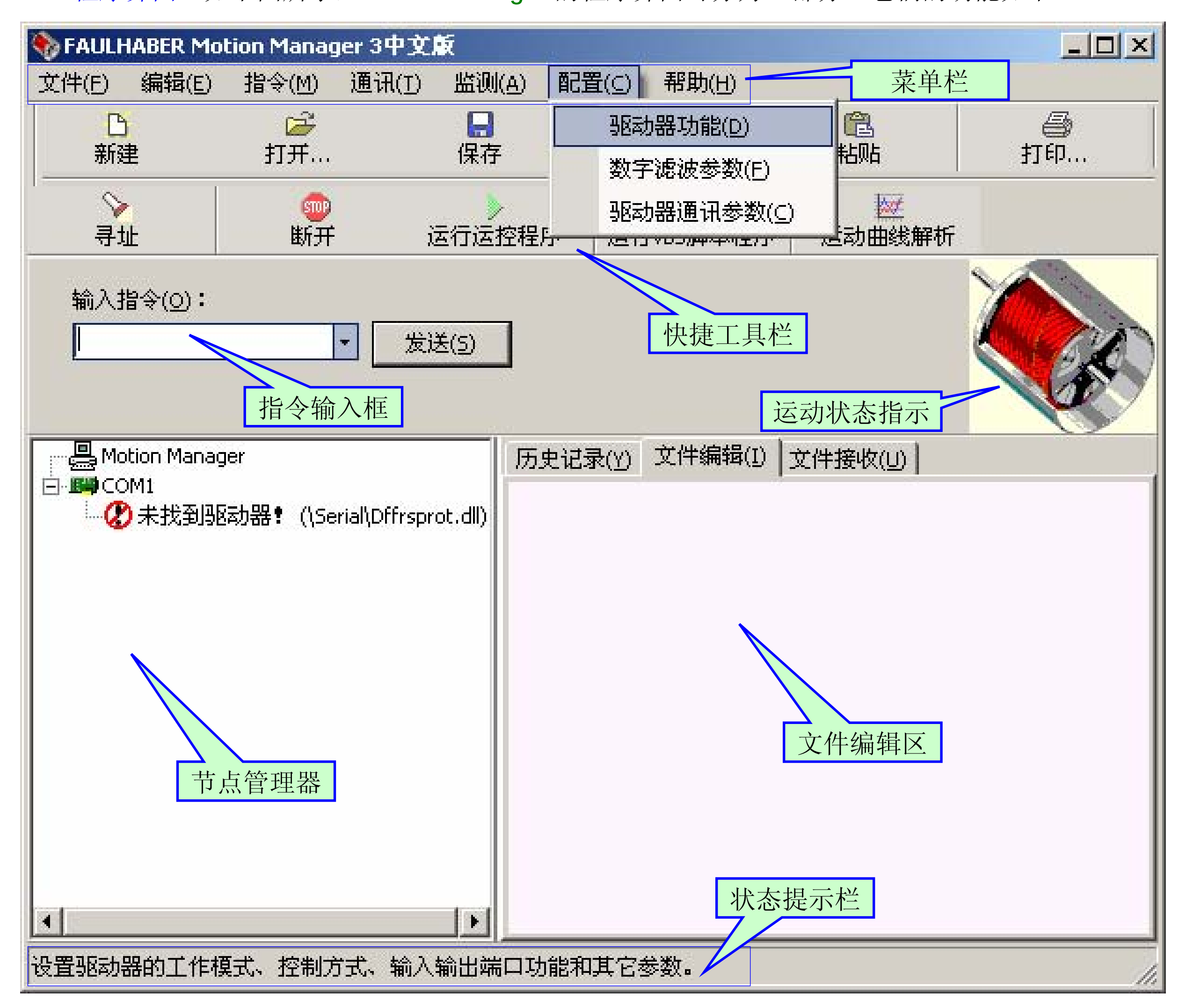
SDO：英文 Service Data Objects 的缩写，意为“服务数据对象”。SDO 通过请求和响应报文来实现对节点对象字典的访问。SDO 可以对对象字典的所有内容进行读写访问。SDO 触发方式为命令响应型，传输方式分为两种：分段传输方式和分块传输方式，通过这两种传输方式，SDO 实现了报文的分段，能够允许任意长度的数据在两个节点之间相互通讯，这样就为节点的固件升级和程序下载提供了可能。SDO 对过程数据的访问效率并不高，CANopen 协议还定义了一种更有效的过程数据的通讯模式——PDO。

TTL：英文 Transistor-Transistor Logic 的缩写，意为“晶体管-晶体管逻辑电平”，+5V 等价于逻辑 1，0V 等价于逻辑 0。

VDE：全称是 Verband Deutscher Elektrotechniker，意为德国电气工程师协会，成立于 1920 年。作为一个国际认可的电子电器及其零部件安全测试及出证机构，在欧洲乃至国际上都有很高知名度，评估的产品非常广泛，包括家用及商业用途的电器、IT 设备、工业和医疗科技设备、组装材料及电子元器件与电

线电缆等。VDE 也是德国国家产品标志。

程序界面：如下图所示，Motion Manager 的程序界面可分为 7 部分。它们的功能如下：



3、 菜单栏：通过选取不同的菜单以执行不同的功能。使用菜单可实现所有功能，而且使用者不需要记忆各指令，但可能不是最快捷的方式，例如通过菜单选择指令，就不如直接输入迅速。

4、 快捷工具栏：将最常用的菜单以图标方式列出，比通过菜单选择更方便。

5、 运动状态指示：当电机开始接受指令工作时，图片中转子开始旋转。执行 M 指令后，转子将旋转 10 圈；执行 V 指令后，转子将连续地旋转，如果发送了 V0 指令，则转子停转。图片仅仅对发送的指令起反应，并非是电机的真实状态反映。

6、 指令输入框与发送按钮：所有的 ASCII 码指令都可在此输入，按下发送将指令发给驱动器。在程序录制模式下，发送变成了确定。通过指令输入框输入指令，比使用菜单选择的速度快很多，但用户需首先了解各指令的格式与含义。

7、 节点管理器：用以显示整个网络中所有的驱动器信息，鼠标双击或右击某节点将激活目标驱动器或弹出菜单供进一步设置。

8、 文件编辑区：三个标签页分别是历史记录、文件编辑和文件接收，中文版软件在三个标签页采用了不同颜色的字体和背景色以示区分。

9、 状态提示栏：可以显示驱动器状态等信息，在选择菜单和快捷菜单栏等的时候，鼠标所选定的项目，其功能介绍将在这里显示。

独选方式：英文为 Selective Mode，是指一条切换指令只将网络中某一特定的 LSS 从节点切换到配置

模式，这需要首先明确目标节点的生产厂家标识符、产品代码、版本号和序列号等信息。

全局方式：英文为 Global Mode，是指一条切换指令将网络中所有 LSS 从节点切换到配置模式。当然在模式切换后，具体设置波特率和节点地址的操作，仅能对针对某唯一节点进行。

7.5、关于 CAN 连接时的疑难解答

FAULHABER 原文不包含本节内容。

在排除了连线等其它错误的可能性之后，最主要的原因在于接口与协议插件未安装或安装不正确。

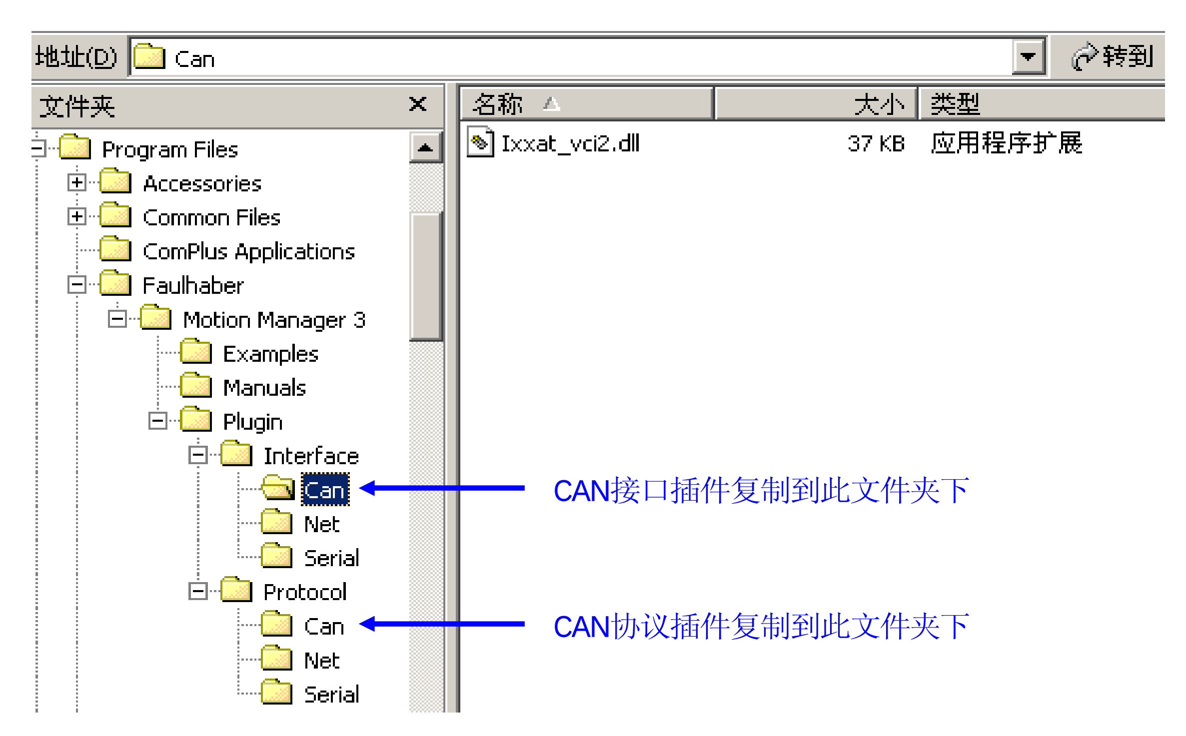
Motion Manager 自带 CAN 插件兼容 Iaaxt 公司的设备，如果用户的 CAN 设备，例如 PCI 接口的 CAN 卡、USB 转 CAN 设备等并不与 Iaaxt 兼容，则需要额外添加接口插件和协议插件。

插件必须由 CAN 设备的硬件供应商提供或用户自行编写，FAULHABER 集团和其代理商等均无法提供。

Motion Manager 在 Windows 下默认安装路径为 C:\Program Files\Faulhaber\Motion Manager 3.0 中文版\。用户可更改安装路径，不会影响插件的安装。

路径：…\Motion Manager 3.0 中文版\Plugin 下，包含 Interface 和 Protocol 两个子文件夹，分别表示接口插件和协议插件，它们又各自包含了 CAN、Net（其它网络）和 Serial（串口）三个文件夹。您需要将接口插件复制到…\Motion Manager 3\Plugin\Interface\CAN 文件夹下、将协议插件复制到…\Motion Manager 3.0 中文版\Plugin\Protocol\CAN 文件夹下。

插件为动态链接库文件，后缀名为 DLL，一般来说，在您的设备安装光盘中可以找到他们。详情请向您的设备供应商咨询。



插件安装完毕之后，启动 Motion Manager，确保其它设置正确之后，通过通讯→配置计算机通讯参数选择所安装的插件，即可连接成功。



若还有其它问题，请参阅Motion Manager的帮助文件，或者直接联系我们以寻求解决。

7.6、联系信息

FAULHABER 原文不包含本节内容。

7.6.1、FAULHABER 集团总部

Dr. Fritz FAULHABER GmbH & CO KG

- 地址：Daimlerstraße 23 71101 Schönaich，德国。
- 电话：+49(0)7031/638-0。
- 传真：+49(0)7031/638-100。
- 电邮：info@faulhaber.de。
- 网址：www.faulhaber.com。

7.6.2、FAULHABER 集团中国总代理

北京众志恒电机运动控制系统技术有限公司（**Beijing U-motor Co.; Ltd.**）

- 地址：北京市海淀区海淀大街 38 号 银科大厦 1215。
- 电话：010-8260 2078、8260 2079。
- 传真：010-8260 2080。
- 业务联系电邮：sales@u-motor.com.cn。
- 技术支持电邮：zhming@pku.edu.cn。
- 网址：www.u-motor.com.cn。

7.6.3、北京信达恒科贸有限公司

北京信达恒科贸有限公司（**Beijing Industrial Equipment Co., Ltd.**）

- 地址：北京市海淀区阜成路 115 号北京印象 7 号楼 1006 室。
- 电话：010-8811 9400、8811 9411。
- 传真：010-8811 4288。
- 业务联系电邮：sales@bjxdh.com.cn。
- 技术支持电邮：zh-jane@bjxdh.com.cn。
- 网址：www.bjxdh.com.cn。

7.7、中文版本信息

FAULHABER 原文不包含本节内容。

2006 年 10 月 10 日由北京信达恒科贸有限公司技术部第一次翻译，采用 Adobe Acrobat 7.0 中文版转换为 PDF 格式，兼容下限为 5.0 版。

2006 年 10 月 10 日正式发行，中文版本号：1.0.0，同年 12 月 15 日升级为 1.0.1 版。

2007 年 7 月 16 日推出修订本，修订版本号：1.1.1。

7.8、中文版勘误与修订记录

FAULHABER 原文不包含本节内容。

2006 年 12 月 15 日：

1、 文中有几处“LLC”应为“LCC”，已更正；

2、 第 29 页中举例的“LPC16 →……”，其中的“LPC”应为“LPN”，已更正；

3、 加速度单位：“rpm/s^2”不正确，全部更正为“转/s^2”。

2007 年 7 月 16 日：

1、 配合 Motion Manager 的更新，对某些关于 Motion Manager 的说明做了相应更改；

2、 精简了文字表达，用户更易于阅读理解；

3、 文中有一处“DCE”应为“DEC”，另还有部分指令拼写有误，已更正；

4、 驱动器工作模式中，“编码器模式”的叫法更改为更准确的“双闭环模式”；

5、 更正了部分录入的错别字。

2010 年 6 月 12 日：

更正与精简了部分英文词汇与术语的中文解释。

同比带 RS232 串口的系列产品和新版的 Motion Manager，本说明书版本滞后较多。关于驱动器工作模式等的术语和 Motion Manager 软件菜单有较大幅度的更新，请注意对照，根据国内用户情况，我们会适时全面更新本说明书。